

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

**RICARDO LUDWIG**

**HOUSEMANAGER – COMUNICAÇÃO SEM FIO DE BAIXO CUSTO  
PARA SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2015**

**RICARDO LUDWIG**

**HOUSEMANAGER – COMUNICAÇÃO SEM FIO DE BAIXO CUSTO  
PARA SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao II Curso de Especialização em Redes de Computadores – Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr Fábio Favarim.

**PATO BRANCO  
2015**

## TERMO DE APROVAÇÃO

### Housemanager – Comunicação Sem Fio de Baixo

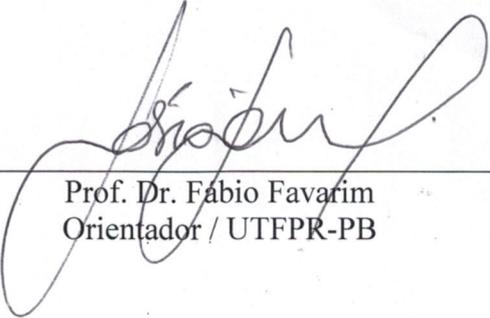
### Custo Para Sistema de Automação Residencial

por

**Ricardo Ludwig**

Esta monografia foi apresentada às 18h30min do dia 04 de novembro de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de ESPECIALISTA, no II Curso de Especialização em Redes de Computadores – Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O acadêmico foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Banca Examinadora



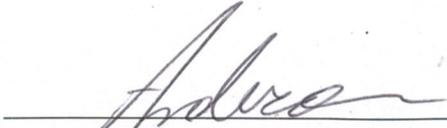
---

Prof. Dr. Fábio Favarim  
Orientador / UTFPR-PB



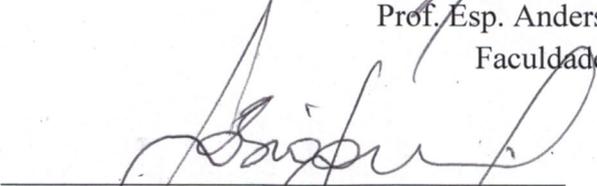
---

Prof. Esp. Vinícius Pegorini  
UTFPR-PB



---

Prof. Esp. Anderson Luiz Fernandes  
Faculdade Mater Dei



---

Prof. Dr. Fábio Favarim  
Coordenador do II Curso de Especialização  
em Redes de Computadores

## RESUMO

LUDWIG, Ricardo. HouseManager - Comunicação sem fio de baixo custo para sistema de automação residencial. 2015. 80 f. Monografia (Especialização em Redes de Computadores) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

RESUMO - Sistemas de automação residencial permitem que eletroeletrônicos de uma residência sejam controlados por interfaces em painéis de monitoramento. As tecnologias open-source e open-hardware permitem que inúmeros dispositivos possam ser implementados com baixo custo de desenvolvimento. O software Lazarus e a Plataforma Linux permitem o desenvolvimento de aplicativos com alta complexidade. O mini-microcomputador Raspberry Pi pode ser utilizado como um gerenciador de dispositivos visto a sua larga escala de recursos e seu tamanho reduzido oferece grande facilidade na aplicação de sistemas de automação residencial. Módulos de comunicação de Rádio Frequência de 433Mhz permitem a comunicação sem fio entre os dispositivos de acionamento e a unidade de gerenciamento, suas características são vitais para o desenvolvimento de uma comunicação sem fio que visa o baixo custo e o baixo consumo de energia. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do HouseManager, um Sistema de Automação Residencial com comunicação sem Fio por RF433Mhz que permite enviar comandos a dispositivos da residência através de uma aplicação desenvolvida em linguagem de programação Lazarus rodando em plataforma LINUX.

Palavras-chave: Raspberry Pi, RF433Mhz, Linguagem Lazarus, Automação Residencial, Comunicação sem Fio.

## ABSTRACT

LUDWIG, Ricardo. HouseManager - Low cost wireless communication for home automation system. 2015. 80f. Monografia (Especialização em Redes de Computadores) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

ABSTRACT – Home automation systems allow electronics of a residence are controlled by interfaces for monitoring panels. The open-source technologies and open-hardware allow several devices can be implemented with low cost of development. The Lazarus software and Linux Platform enables the development of applications with high complexity. The mini-PC Raspberry Pi can be used as a device manager seen its wide range of features and its small size offers great ease of applying home automation systems. 433Mhz radio frequency communication modules allow wireless communication between devices and drive management unit and its characteristics are vital to the development of wireless communication aimed at low cost and low power consumption. This paper presents the development of HouseManager a Home Automation System with Wireless communication by RF433Mhz that lets you send commands the residence of the devices through an application developed in Lazarus programming language running on LINUX platform.

Keywords: Raspberry Pi, RF433Mhz, Lazarus, Home Automation, Wireless

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IHM	Interface Homem-Máquina
OSH	Open-source hardware
USB	Universal Serial Bus
HDMI	Higt-Definition Mutimidia Interface
RAM	Random Access Memory
RF	Rádio Frequency
ISM	Industrial, scientific and medical radio bands
FHSS	Frequency-hopping spread spectrum
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
SDMA	Space-division multiple access
WPA	Wi-Fi Protected Access
WEP	Wired Equivalent Privacy
MAC	Media Access Control
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
OSI	Open Systems Interconnection
EUA	United States of America
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
WLAN	Wireless Local Area Network
SMA	Server Manager Automation
SD	Secure Digital Card
GPIO	General-purpose input/output
LED	Light Emitting Diode
TTL	Transistor-Transistor Logic
LPT	Lagrangian particle tracking
UART	Universal Synchronous Receiver/Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
GNU	General Public License
AM	Amplitude Modulation
IDE	Integrated Development Environment
VCC	Voltage Continuity and Current
GND	Ground
PHY	Physical Layer

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Topologia de Redes ZigBee.....	20
Figura 2: Tipos de Antenas do Módulos Xbee.....	21
Figura 3: Exemplo de uma rede com os Módulos ZigBee.....	22
Figura 4: Topologia de uma rede Wi-Fi.....	24
Figura 5: Comunicação Bluetooth Fonte: TELECO (2015).....	26
Figura 6: Raspberry Pi Modelo B Fonte: RaspBerry Foundation.....	33
Figura 7: Mapa de Pinos GPIO RaspBerri Pi Modelo B Fonte: Raspberry Foundation.....	34
Figura 8: Acionamento de LED pela porta GPIO Raspberry Pi Fonte: CANCELA (2015)....	35
Figura 9: Variação de Aplitude AM Fonte: SARMENTO (2015).....	39
Figura 10: Sinal AM Modulado Fonte: SARMENTO (2015).....	39
Figura 11: Módulo Receptor e Transmissor RF433Mhz Fonte: FILIPEFLOP (2015).....	40
Figura 12: CI Codificador Fonte: HOLTEK.....	41
Figura 13: CI Decodificador Fonte: HOLTEK.....	41
Figura 14: Exemplo de uso do CI HT-12E Fonte: HOLTEK.....	42
Figura 15: CI 555 – Temporizador Fonte: REVISTA ELETRÔNICA(2013).....	43
Figura 16: Exemplo de Circuito Prático CI 555 Fonte: REVISTA ELETRÔNICA (2013)....	44
Figura 17: Encapsulamento e Pinagem CI LM 78XX Fonte: NEWTONCBRAGA (2012)....	45
Figura 18: Estrutura do Relé Fonte: PROISEG (2015).....	47
Figura 19: Dip Switch 8 Posições Fonte: WIKIPEDIA.....	48
Figura 20: Exemplo de Painel de Monitoramento e Dispositivos Controlados. Fonte: Autoria Própria.....	52
Figura 21: Diagrama de Operação HouseManager Fonte: Autoria Própria.....	54
Figura 22: Diagrama Operacional do Módulo Escravo (Atuador) Fonte: Autoria Própria.....	56
Figura 23: Diagrama de Status do Dispositivo Escravo Fonte: Autoria Própria.....	57
Figura 24: Protótipo Módulo Escravo para 1 Dispositivo. Fonte: Autoria Própria.....	57
Figura 25: PCB - Módulo de Gerenciamento de Transmissão e Recebimento de Comandos Fonte: Autoria Própria.....	58
Figura 26: PCB - Escravo para 3 dispositivos simultâneos Fonte: Autoria Própria.....	58
Figura 27: PCB – Escravo para 1 dispositivo Fonte: Autoria Própria.....	59
Figura 28: Menu Inicial Sistema HouseManager Fonte: Autoria Própria.....	60
Figura 29: Submenu de Gerenciamento de Dispositivos Elétricos Fonte: Autoria Própria.....	61
Figura 30: Gerenciamento de Status de Tomadas. Fonte: Autoria Própria.....	62
Figura 31: Menu de Gerenciamento de Dispositivos Hidráulicos Fonte: Autoria Própria.....	63
Figura 32: Shell Script de Definição de Endereço Dispositivo Fonte: Autoria Própria.....	64
Figura 33: Define Sinal do Bit e Ativa Envio dos Dados Fonte: Autoria Própria.....	65
Figura 34: Código para Leitura de Status do Dispositivo Escravo Fonte: Autoria Própria.....	66
Figura 35: Shell Script para Ativação do Bit de dados no módulo escravo Fonte: Autoria Própria.....	67
Figura 36: Tratamento de timeout no acionamento de dispositivos Fonte: Autoria Própria...	67
Figura 37: Esquema de Ligação Elétrica do Decoder/Encoder no módulo Escravo. Fonte: Autoria Própria.....	68
Figura 38: Empacotamento e Transmissão dos Dados Fonte: Autoria Própria.....	69
Figura 39: Esquema de ligação do Módulo Emissor ao Raspberry Pi. Fonte: Autoria Própria. ....	70
Figura 40: Módulo Escravo Ligado a Solenóide Fonte: Autoria Própria.....	73
Figura 41: Raspberry Pi e Módulo Gerente Fonte: Autoria Própria.....	74
Figura 42: Hardware do Módulo Atuador (Escravo) Fonte: Autoria Própria.....	74

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1.2	OBJETIVOS.....	11
1.2.1	Objetivo Geral.....	11
1.2.2	Objetivos Específicos.....	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	13
2	SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL SEM FIO.....	14
2.1	DISPONIBILIDADE NO MERCADO E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO.....	14
2.2	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS NA ESCOLHA DAS REDES SEM FIO.....	16
2.2.1	Raio de Alcance.....	16
2.2.2	Frequências.....	17
2.2.3	Consumo Energético.....	17
2.2.4	Espalhamento Espectral.....	18
2.2.5	Segurança.....	18
2.3	TECNOLOGIAS DA COMUNICAÇÃO SEM FIO DE BAIXO CUSTO.....	19
2.3.1	ZigBee (Xbee).....	19
2.3.1.1	Módulos ZigBee da MaxStream.....	21
2.3.1.2	Vantagens do Protocolo ZigBee.....	22
2.3.1.3	Desvantagens do Protocolo ZigBee.....	22
2.3.2	Wi-Fi.....	23
2.3.2.1	Vantagens do uso do Wi-Fi.....	24
2.3.2.2	Desvantagens do uso do Wi-Fi.....	25
2.3.3	Bluetooth.....	25
2.3.3.1	Comunicação Entre Dispositivos.....	26
2.3.3.2	Vantagens do Uso do Bluetooth.....	27
2.3.3.3	Desvantagens do Uso do Bluetooth.....	28
2.3.4	Módulos RF 315Mhz e 433Mhz.....	28
2.3.5	Redes sem Fio – Considerações Finais.....	29
3	MATERIAIS E MÉTODO.....	31
3.1	MATERIAIS.....	31
3.1.1	Raspberry Pi.....	32
3.1.1.1	Portas GPIO.....	33
3.1.1.1.1	Mapa dos Pinos.....	34
3.1.2	Biblioteca WiringPi.....	36
3.1.3	Linux Debian Jessie.....	36
3.1.4	Lazarus.....	37
3.1.5	Módulo de Rádio Frequência 433Mhz.....	38
3.1.6	Circuitos Integrados HT-12E e HT-12D.....	41
3.1.7.1	Exemplo de Circuito Prático.....	44
3.1.8	Circuito Integrado Regulador de Tensão LM7805.....	45
3.1.8.1	Características do LM 7805.....	46
3.1.9	Relé.....	46
3.1.10	Dip Switch.....	47
3.2	MÉTODO.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA.....	51
4.2	MODELAGEM DO SISTEMA.....	54

4.3 MODELAGEM DO HARDWARE.....	56
4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	59
4.5 IMPLEMENTAÇÃO DA IHM.....	63
4.6 IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE.....	67
5 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	79

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta as considerações iniciais, com uma visão geral do trabalho, os objetivos, a justificativa e a organização do texto.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sistemas de automação residencial proporcionam o controle de dispositivos eletrônicos residenciais como cortinas, sena de ambiente, home theater, através de IHM's (Interface Homem-Máquina). Usualmente, buscam a aquisição de conforto e comodidade as residências e seus usuários. Porém, além desta classe de comodidade, também podem ser utilizados no controle e acionamento de dispositivos mecânicos comumente utilizados em residências, como válvulas hidráulicas, disjuntores elétricos, irrigadores de jardim, fechaduras eletrônicas e etc, onde a aplicação da automação residencial é pouco aplicada, contudo, extremamente conveniente a comodidade dos usuários.

Tipicamente, os sistemas de automação residencial são compostos por acionadores (escravos), dispositivo de gerenciamento e interfaces de controle. Os acionadores ou atuadores, são os responsáveis por executar os comandos nos eletroeletrônicos da residência. O dispositivo de gerenciamento é responsável pelo envio das mensagens da IHM para os acionadores. Por fim, a IHM é a interface em que o usuário pode determinar quais funcionalidades do sistema serão executadas. Habitualmente, a IHM é representada por painéis afixados em paredes ou mesmo em forma de aplicações Web/Mobile.

Todas as possibilidades de automação de uma casa, incluindo os comentados anteriormente, são reais e cabem no bolso de cada vez mais pessoas. Cerca de 300 mil residências em todo o país possuem, hoje, algum tipo de automação, segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial (REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2012).

Até bem pouco tempo atrás, somente pessoas com grande poder aquisitivo conseguiam ter uma casa conceituada como inteligente, pois este tipo de tecnologia demandava de muito dinheiro e exigia obras complexas. A automação residencial mesmo proporcionando muitos benefícios para seus usuários possui seu custo de implantação muito elevado, e um dos motivos desse alto custo é a necessidade de hardwares específicos para o controle residencial.

Para diminuir os valores de implantação da automação residencial, surge a possibilidade de utilizar uma categoria de hardware não muito recente no mundo da computação, porém, novíssima no uso voltado para Automação Residencial, denominada open-source hardware

(OSH), ou hardware livre, de modo que este conceito finalmente possa chegar à realidade brasileira.

Somado a esta nova tecnologia e bem mais acessíveis hoje, sistemas sem fio permitem instalar novas comodidades até mesmo em pequenos ambientes, sem a necessidade de quebrar as paredes ou o piso. Fatos estes que também elevam significativamente os custos de implantação de um sistema de automação residencial.

No âmbito da automação residencial, surgiram protocolos com características peculiares como o baixo consumo energético, pequeno alcance entre os seus pontos de acesso (Hot spots) e taxas de transmissões pequenas, como por exemplo, os módulos de rádio frequência (RF) de 315Mhz e 433Mhz que possuem uma infraestrutura mais simples, barata e que incidem diretamente no custo de implementação.

Seguindo este ideal de baixo custo de implantação, para atuar como gerenciador do sistema o Raspberry Pi se mostra ideal, visto se tratar de um mini-microcomputador de baixo custo e que em um exíguo espaço equivalente a um cartão de crédito, abriga processador, processador gráfico, slot para cartões de memória, interface USB, HDMI e seus respectivos controladores. Além disso, ele também apresenta memória RAM, entrada de energia e barramentos de expansão e operação sobre plataforma open-source, como por exemplo, Linux.

O Linux é o núcleo do sistema operacional, programa responsável pelo funcionamento do computador, que faz a comunicação entre hardware (impressora, monitor, mouse, teclado e/ou atuadores) e software (aplicativos em geral ou IHM). O conjunto do kernel e demais programas responsáveis por interagir com este, é o que denominamos sistema operacional. O kernel é o coração do sistema.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Construir um sistema de Automação Residencial com Comunicação sem Fio por módulos de Rádio Frequência de 433Mhz e com protocolo próprio de comunicação.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o protótipo (hardware) de um atuador com comunicação sem fio, responsável pelo acionamento de dispositivos eletrônicos da residência.
- Desenvolver o protótipo (hardware) de uma unidade de gerenciamento integrada

ao Raspberry Pi, com comunicação sem fio, responsável pelo envio e recebimento de comandos.

- Desenvolver uma IHM responsável por receber comandos do usuário e apresentar o status de cada dispositivo controlado.
- Desenvolver o protótipo de um hardware com protocolo de comunicação sem fio com módulos de rádio frequência de 433Mhz, que permita a comunicação e a verificação de eficácia do acionamento.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de um sistema de automação residencial sem fio se justifica pela facilidade que proporcionará ao usuário quanto a sua implantação, de modo que não sejam necessárias alterações na estrutura da residência para a implantação do mesmo.

Como Tecnólogo em Automação de Processos Industriais e acadêmico do Curso de Especialização em Redes de Computadores, a opção pelo desenvolvimento deste sistema se deve ao anseio pessoal de unir os conhecimentos adquiridos ao longo da vida acadêmica as tecnologias de baixo custos existentes no mercado, além de atender a um juramento realizado de defender a qualidade de vida em tudo que fizesse, em todos os lugares onde estivesse, colocando meu conhecimento a serviço da maioria e exercendo minha profissão com liberdade, independência, moral e ética profissional.

O uso de dispositivos de baixo custo de aquisição e tecnologias open-source e open-hardware possibilitaram uma redução drástica nos custos de aquisição e implantação destes sistemas, comparados aos disponíveis no mercado, de maneira que a comodidade e conveniência fornecida pela Automação Residencial possam ser difundida e aplicada em qualquer das classes sociais em que vivemos.

Neste trabalho, será apresentado um Sistema de Automação Residencial sem Fio 433Mhz completo, em que o usuário utiliza uma IHM executada em uma plataforma Linux sob um Raspberry Pi. A comunicação entre o IHM e os acionadores é realizada por um hardware de protocolo próprio, que possui módulos emissores e receptores de comunicação RF 433Mhz. A unidade acionadora (escravo/atuador) possui ainda relés atuadores que ativam os dispositivos controlados, podendo estes dispositivos, controlarem de um a três equipamentos elétricos no mesmo módulo atuador.

Cada ferramenta adicionada no projeto é de baixo custo de aquisição e ou open-source

possibilitando dessa forma uma redução significativa nos custos de implementação do projeto, se comparado aos atualmente disponíveis no mercado.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este texto está organizado em capítulos, dos quais este é o primeiro e apresenta a ideia e o contexto do sistema, incluindo os objetivos e a justificativa.

O Capítulo 2 contém o referencial teórico que fundamenta a proposta conceitual do sistema desenvolvido. O referencial teórico está centrado em sistemas de automação residencial e conceitos técnicos para a implantação de comunicação sem fio, além de conceitos atualmente aplicados no mercado.

No Capítulo 3 estão os materiais e o método utilizados no desenvolvimento deste trabalho, incluindo a elaboração da monografia e a modelagem e implementação do sistema.

O Capítulo 4 contém o sistema desenvolvido, com exemplos de documentação da modelagem e de implementação. A modelagem é exemplificada por documentos de análise e projeto. A implementação é exemplificada pela apresentação do sistema com telas e descrição de suas funcionalidades e ainda por partes da codificação do sistema e da montagem do hardware.

No Capítulo 5 está a conclusão com as considerações finais.

## 2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL SEM FIO

Este capítulo apresenta o referencial teórico utilizado para fundamentar o sistema proposto. O capítulo se concentra em aplicações de automação residencial sem fio já existentes, conceitos para comunicação sem fio, técnicas de comunicação e princípios de propagação de sinais. Aborda ainda conceitos das tecnologias utilizadas e das linguagens e plataformas utilizadas no desenvolvimento.

### 2.1 DISPONIBILIDADE NO MERCADO E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

A Automação Residencial já não é mais a mesma. Atualmente, a população já tem ao seu alcance uma série de opções práticas e economicamente viáveis de sistemas de controle de dispositivos automatizados. Tais dispositivos permitem controles básicos, como a automação de uma cortina, até os mais abrangentes, como em sistemas de integração para diversos ambientes. A intenção final destes sistemas é criar um ambiente confortável, mais bonito, agradável, prático, valorizado e seguro, de acordo com o interesse do usuário.

Esta dita automação residencial, trata-se da aplicação de sistemas de controle para todas as funções encontradas no ambiente, integrando seus acionamentos e sensoriamentos, visando sempre a praticidade, simplicidade e objetividade dos comandos. Todas estas funções sem se desfazer da beleza, do conforto e valorizando o ambiente.

No mercado atual, diversas são as opções de sistemas de Automação Residencial sem Fio. Em geral, utilizam-se de tecnologia de comunicação Wi-Fi, integradas a dispositivos acionadores. Dentre as mais visíveis no mercado, pode-se citar:

- Fibaro®: Conforme site do fabricante, oferece um processo de instalação não invasiva, que elimina a necessidade de utilização de metros de cabos. Seus módulos miniaturizados permitem a instalação em qualquer caixa de interruptor de parede, atrás de qualquer interruptor de luz, interruptor de rolo cego, etc, e são compatíveis com todos os sistemas elétricos (FIBARO, 2015).
- Simplifies®: Conforme informação contida no site do fabricante: O sistema Simplifies é a solução adequada para residências, condomínios e escritórios interessados em melhorias de conforto, segurança e economia de energia. O sistema é composto pelos módulos de automação, pelo servidor SimpleHome, por sensores, atuadores, câmeras e ativos de rede (switch, roteador, etc.). Através desta combinação é possível monitorar e controlar os diversos dispositivos conectados ao sistema (lâmpadas, válvulas,

fechaduras magnéticas, sensores, etc.) da residência, condomínio ou escritório, através de um computador, smartphone ou Internet (SIMPLIFIES, 2015).

- iIhouse®: Conforme informação do site do fabricante: Pela primeira vez, uma central de automação combina num mesmo aparelho tela colorida de toque com duas saídas de potência dimerizáveis para iluminação. Através de sua comunicação wireless, diversos equipamentos podem ser comandados em sua casa, tais como ar-condicionado, persianas e outros, tudo de forma simples e direta. Único que permite o próprio usuário memorizar Cenas de Iluminação num só toque. Produto premium com design premiado e acabamento em inox de alta qualidade. (IHOUSE, 2015).
- Schutz Automação®: Conforme comunicado pelo fabricante em seu site: Fornece Automação Residencial em Curitiba e outras cidades do estado do Paraná e Santa Catarina, a Schütz Automação inova sempre com melhores equipamentos e capacitação de equipe. Permite acionamento dos dispositivos da residência de forma simples e rápida através do smartphone, tablet ou via web e permita o sistema funcionar de forma inteligente conforme horário, temperatura, data etc. Neste sistema é possível ter o controle de: Alarme, Ar Condicionado, Áudio e Vídeo, Câmeras, Cenas, Cortinas, Fechaduras, Iluminação, Janela, Portas (SCHUTZ, 2015).
- iluflex®: Assim orienta o fabricante em seu site: A Iluflex, é uma empresa brasileira especializada em automação sem fios, que traz ao mercado um sistema completo de Automação Residencial. Possui uma interface gráfica ou pulsadores que permitem ao usuário o controle da iluminação, seus equipamentos de áudio, vídeo, climatização, cortinas, persianas, câmeras de monitoramento, alarme, portão, jardim e piscina, entre outros de forma simples e versátil (ILUFLEX, 2015).
- Autoprojects®: Conforme site do fabricante, O usuário pode ajustar cenas diferentes para o mesmo ambiente, de acordo com suas necessidades. Com apenas um toque no dispositivo de gerenciamento, o usuário pode acionar as configurações de iluminação salvas para o jardim ou a piscina. Também pode programar eventos em horários previamente determinados, como por exemplo, acionar o motor da piscina ou a irrigação do jardim (AUTOPROJECTS, 2015).

Conforme publicação da GAZETA DO POVO (BUBNIAK, 2013), por Taiana Bubniak, um kit simples de Automação residencial da fabricante Schutz Automação®, custa a partir de R\$ 3.600,00. O pacote inclui a automação de dois circuitos de iluminação, home theater e o controle do ar-condicionado.

Na Autoprojects®, um conjunto de soluções compactas para uma sala de home cinema, integrando iluminação, TV, Blu-ray player, cortinas motorizadas e ar-condicionado, com telas de controle por smartphones e tablets, sai por R\$ 10 mil.

Ainda conforme a mesma publicação da GAZETA DO POVO, os prestadores de serviço da Autoprojects® deixam claro que os valores podem variar de acordo com o projeto, que é sempre personalizado e vai depender dos itens que o cliente quer automatizar.

Conforme explica André Dittrich, engenheiro da Autoprojects® em entrevista à Gazeta do Povo (BUBNIAK, 2013):

“Não há preços tabelados nem um valor limite. Tudo varia muito, de acordo com os sistemas que cada projeto integra e também da quantidade de pontos dentro de cada um desses sistemas”.

A seguir são apresentados alguns exemplos de tecnologias para o uso de comunicação sem fio, tecnologias de gerenciamento de sistemas, acionadores, além da discussão sobre conceitos de aplicabilidade.

## 2.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS NA ESCOLHA DAS REDES SEM FIO

### 2.2.1 Raio de Alcance

Determinar a capacidade de transmissão de um rede sem fio é um fator determinante na definição do modo de operação de cada aplicação, sendo esta capacidade expressa diretamente do raio de alcance do grupo de rede sem fio utilizado, deixando-a largamente maleável em razão de tal mobilidade de modo que seus usuários possuam um tipo de limitação, que é a sua área de abrangência ou raio de alcance (TELECOTECO, 2015).

Essas características definem características específicas, como o uso de aplicações dedicadas para o controle de fluxo e rotas, definindo eficiência, confiabilidade e segurança no processamento e distribuição dos dados. Em se tratando do protocolo RF, seu alcance é similar ao de redes com capacidades mínimas de 10m e a máxima de 100 metros (TELECOTECO, 2015).

### 2.2.2 Frequências

A frequência ou espectro eletromagnético é considerado um dos recursos de maior valia visto que não é exaurível mesmo que a demanda de uso seja cada vez maior e que esta seja

limitada por região. As frequências são adquiridas juntas a órgãos governamentais já que o espectro é patrimônio público.

A permissão de uso do espectro magnético é realizada por meio de licitações públicas, o que torna o processo de aquisição de tal autorização bastante moroso. Além disso, não é grande a disponibilidade do governo em abrir processos licitatórios para tal finalidade, o que também inviabiliza a utilização dessa modalidade de rede em aplicações mais simples (TELECOTECO, 2015).

Como alternativa, é grande o número de países que disponibiliza frequências gratuitas e não licenciadas para aplicações de uso nas industriais, medicina e para fins científicos chamadas de ISM (Industrial Scientific and Medical). Estas faixas de ISM podem variar de acordo com o país.

As faixas de frequência a serem utilizadas neste projeto estão entre 315Mhz e 433Mhz, comumente utilizadas em dispositivos de monitoramento de residências e controles de portão eletrônico. No Brasil, conforme regulamenta a RESOLUÇÃO ANATEL N° 452/2006 (D.O.U. de 20.12.2006), estas faixas de frequência são liberadas para utilização de redes destinadas a rádio amadores e telefonia fixa sob domínio público. (ANATEL 2015).

### 2.2.3 Consumo Energético

Um dos principais problemas das redes sem fio é o consumo energético. Esforços dos fabricantes de equipamentos vão no sentido de desenvolver equipamentos com cada vez menos consumo energético.

O baixo consumo energético é vital no desenvolvimento de qualquer projeto e deve possuir reduzida complexidade de tal forma que possa permitir o uso de baterias como fonte de alimentação. Além disso, o sistema deve possuir uma lógica de transmissão eficiente que possibilite o menor esforço na transmissão, conseqüentemente, gerando um baixo consumo energético. O transmissor RF de 433Mhz que foi utilizado neste projeto, conta com consumo de 10mW (-105dBm) em transmissões de 20 a 200 metros.

### 2.2.4 Espalhamento Espectral

Espalhamento espectral é uma técnica de modulação na qual a energia média do sinal transmitido é espalhada de forma muito maior que a banda mínima necessária para transmitir

a informação. Deste modo, a energia do sinal transmitido ocupa uma banda bem maior do que a do dado transmitido.

Trata-se de uma técnica de codificação para transmissão digital de sinais desenvolvida originalmente para utilização militar, com o objetivo de transformar a informação transmitida em um sinal semelhante a um ruído, evitando monitoração pelos adversários (TELECOTECO, 2015).

Devido ao fato de que as faixas utilizadas neste modelo de transmissão apresentam uma larga quantidade de sinais interferentes, o uso desta lógica se justifica em aplicações de uso não-licenciado do espectro, visto que a banda de frequências disponível é dividida em canais independentes que no decorrer do tempo, tem sua frequência de transmissão dos dados alterada.

Comumente, se comenta sobre o espalhamento espectral com salto em frequência (FHSS), em situações onde as frequências de transmissão são alteradas de maneira aleatória, através do uso de software específicos a este fim. Ou, espalhamento espectral com sequência direta (DSSS), nos casos em que os dados são enviados multiplicados por um sinal codificador, de maneira semelhante a tecnologia de múltiplo acesso por divisão de código (CDMA).

Seja qual for o método aplicado, percebe-se resultados positivos no que diz respeito a redução dos efeitos causados por sinais externos.

### 2.2.5 Segurança

Com uma demanda cada vez mais crescente de usuários a necessidade de cuidados com a segurança é eminente, sendo assim o estudo de técnicas de chave que possibilitem que o acesso às interconexões que sejam restritas apenas os usuários da rede são empregadas. Técnicas como WEP (Wired Equivalent Privacy) e WPA (Acesso Protegido Wi-Fi), são cada vez mais usados em conjunto a firewalls em dispositivos móveis ou não para garantir a segurança e privacidade nas trocas de informações (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

Este projeto apresenta um sistema de criptografia própria, baseado em uma chave de 256 bits, responsável por codificar cada um dos dispositivos da rede.

## 2.3 TECNOLOGIAS DA COMUNICAÇÃO SEM FIO DE BAIXO CUSTO

### 2.3.1 ZigBee (Xbee)

ZigBee (WIKI DO IFSC, 2014) é um padrão definido por uma aliança de empresas de diferentes segmentos do mercado, chamada "ZigBee Alliance". Este protocolo foi projetado para permitir comunicação sem fio confiável, com baixo consumo de energia e baixas taxas de transmissão para aplicações de monitoramento e controle. Para implementar as camadas MAC (Medium Access Control) e PHY (Physical Layer) o ZigBee utiliza a definição 802.15.4 do IEEE (RFC 4441), que opera em bandas de frequência livres. O termo ZigBee designa um conjunto de especificações para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, com ênfase na baixa potência de operação, na baixa taxa de transmissão de dados e no baixo custo de implantação. Tal conjunto de especificações define camadas do modelo OSI subsequentes àquelas estabelecidas pelo padrão IEEE 802.15.4.

A tecnologia ZigBee foi pensada para interligar pequenas unidades de coleta de dados e controle recorrendo a sinais de radiofrequência não licenciados.

A tecnologia utilizada (WIKIPEDIA, 2015) é comparável às redes Wi-Fi e Bluetooth e diferencia-se destas por desenvolver menor consumo, por um alcance reduzido (cerca de 100 metros) e a comunicação entre duas unidades poder ser repetida sucessivamente pelas unidades existentes na rede até atingir o destino final. Todos os pontos da rede podem funcionar como retransmissores de informação. Uma malha (Mesh) de unidades ZigBee pode realizar-se numa extensão doméstica ou industrial sem necessidade de utilizar ligações elétricas entre elas.

A Figura 1, apresenta as principais Topologias da Rede ZigBee. Redes em malha oferecem alta confiabilidade e alcance mais amplo. Os fornecedores de chips ZigBee tipicamente vendem rádios integrados e microcontroladores com memória flash entre 60 KB e 256 KB. O ZigBee opera nas faixas de rádio industriais, científicas e médicas (ISM), 868 MHz na Europa, 915 MHz nos EUA e Austrália, e de 2,4 GHz na maioria das jurisdições em todo o mundo. Suas taxas de transmissão de dados variam de 20 a 900 kilobits por segundo. A camada de rede ZigBee suporta nativamente a topologia estrela e árvore em arquiteturas de malha genérica. Cada rede deve ter um dispositivo coordenador, encarregado de sua criação, o controle de seus parâmetros e manutenção básica.

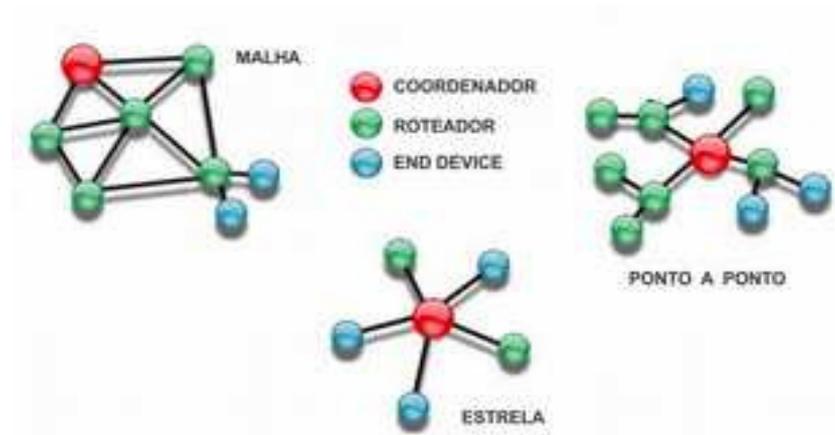


Figura 1: Topologia de Redes ZigBee  
Fonte: ROGERCOM (2015).

Nós ZigBee podem ir de sono para o modo ativo em 30 ms ou menos, a latência é baixa e dispositivos podem ser ágeis, particularmente em comparação com os atrasos do Bluetooth wake-up, que é tipicamente em torno de três segundos. Como os nós ZigBee podem dormir a maior parte do tempo, o consumo de potência média pode ser reduzida, resultando em longa duração da bateria.

Existem três tipos diferentes de dispositivos:

**ZigBee: ZigBee coordenador (ZC):** O dispositivo mais completo, o coordenador faz a raiz da árvore da rede e pode superar a outras redes. Há exatamente um coordenador ZigBee em cada rede, uma vez que é o dispositivo que iniciou a rede originalmente. Ele é capaz de armazenar informações sobre a rede, inclusive atuando como o Centro de Fidedignidade e repositório de chaves de segurança.

**ZigBee Router (ZR):** Assim como executar uma função do aplicativo, um roteador pode funcionar como um roteador intermediário, transmissão de dados de outros dispositivos.

**ZigBee dispositivo final (ZED):** Contém a funcionalidade apenas o suficiente para falar com o nó pai (ou coordenador ou um roteador), ele não pode transmitir dados de outros dispositivos. Esta relação permite que o nó a ser adormecido uma quantidade significativa do tempo dando assim a vida da bateria longa. Um ZED requer menor quantidade de memória, e, portanto, pode ser menos caro de fabricar do que um ZR ou ZC (WIKIPEDIA, 2015).

### 2.3.1.1 Módulos ZigBee da MaxStream

Há várias empresas membros na ZigBee Alliance, e cada uma disponibiliza no mercado o seu produto baseado na pilha de protocolo ZigBee. Neste trabalho, é utilizado como exemplo os produtos da MaxStream®. São módulos ZigBee™ com vários recursos extras e muito fáceis de usar. Na Figura 2, são mostrados alguns exemplos dos módulos XBee™ e XBee-Pro™ da MaxStream® (MESSIAS, 2015).

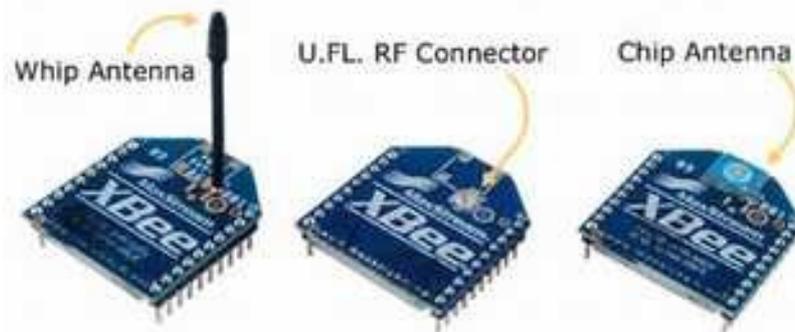


Figura 2: Tipos de Antenas do Módulos Xbee  
Fonte: ROGERCOM (2015).

Como pode ser observado na Figura 2, os módulos Xbee possuem três opções de antenas:

- Chicote (Um pedaço de Fio de aproximadamente 2,5 cm)
- Conector (Antena Externa)
- Chip

Através do tipos Chicote e Externa pode-se direcionar o sinal transmitido, melhorando consequentemente o alcance da Rede.

Os módulos Xbee são fabricados de forma a já estarem prontos para operação em uma rede do tipo P2P, de maneira que todos os módulos possam comunicar-se entre si sem a necessidade de configurações prévias.

Qualquer necessidade de alteração na configuração dos parâmetros é disponibilizada de forma gratuita no site do fabricante, através do aplicativo X-TCU. Esta aplicação disponibiliza recursos para a consulta do status da rede e a verificação de possíveis inconsistências. Outra funcionalidade não menos importante deste aplicativo, é a de permitir a atualização do firmware dos módulos.

Na Figura 3 é apresentada ilustração do ponto de gerenciamento e dos dispositivos ZigBee a ele conectados.

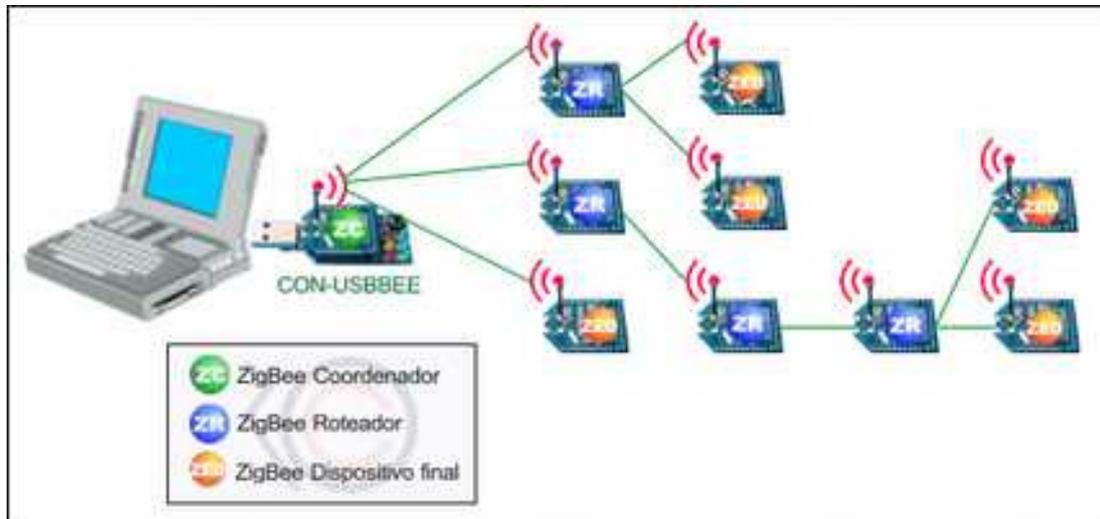


Figura 3: Exemplo de uma rede com os Módulos ZigBee  
Fonte: ROGERCOM (2015).

### 2.3.1.2 Vantagens do Protocolo ZigBee

Comparado a outras tecnologias, este padrão de transmissão se destaca onde a baixa taxa de transmissão não inviabiliza a rede. Isso por que, devido a baixa capacidade de transmissão a rede pode dispor de um menor consumo energético. Tal consumo pode ser tão reduzido que permite o uso contínuo por até 6 meses com alimentação exclusiva de baterias do tipo AA.

Outro grande vantagem deste padrão é o de que através do uso de topologias de rede (mista, malha e árvore), este protocolo de comunicação da a capacidade de uso de 65000 nós simultâneos.

### 2.3.1.3 Desvantagens do Protocolo ZigBee

As desvantagens do ZigBee são as baixas taxas de transferência o que mesmo para aplicações simplórias o inviabiliza em certas ações que precisam de uma taxa de transferência maior as que ele possui, como no caso da interconexão entre dispositivos. O desconhecimento popular ainda no Brasil diferente do Bluetooth e o seu antecessor o IrDA, também é um fator de desmerece o dispositivo (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

Porém, o fator mais relevante a este trabalho é o seu custo de aquisição, que nos módulos mais simples de comunicação pode variar de R\$ 100,00 a R\$ 500,00, por módulo.

### 2.3.2 Wi-Fi

O seu nome é oriundo de uma abreviação do termo em inglês "Wireless Fidelity" que é muito confundido com um termo genérico a todas as redes sem fio. A entidade responsável pelo desenvolvimento da tecnologia Wi-Fi Alliance não reconhece tal alusão descabida.

A Wi-Fi Alliance é uma composição formada por: 3Com, Nokia, Lucent Technologies (atualmente Alcatel-Lucent) e Symbol Technologies (adquirida pela Motorola) que nasceu em 1999 com o nome de Weca e 4 anos depois passou a ter o nome que conhecemos hoje.

O Wi-Fi possui três versões que diferenciam umas das outras no quesito, faixas de operação e velocidade de transmissão. Seu uso é altamente aplicado a Redes locais internas de escritórios, shopping centers e residências, substituindo ou complementando redes que utilizam cabos coaxiais públicas ou privadas (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

Redes com tecnologia Wi-Fi, efetua a transmissão do sinal através de ondas de rádio padronizadas, atendendo a norma IEEE 802.11. Esta transmissão é realizada por meio de uma conexão segura e confiável. Um ponto de acesso da nome a rede por meio de dados denominados direcionadores, permitindo ao cliente interligar-se ou não as redes que estão sob sua visão.

Com velocidade teórica de 54Mbps operando sob 5,4GHz de frequência, está a versão IEEE 802.11a. Com capacidade mais reduzida, transmitida sob frequência de 2,4GHz, a versão IEEE 802.11b funciona aos 11Mbps com a modulação DSSS, com a capacidade de ter 30 pontos ou dispositivos por rede.

A tecnologia é implementada em larga escala em dispositivos moveis ou não (computadores de mesa, notebooks, PDAs, aparelhos celulares e outros) que tenha certa proximidade ou melhor que estejam dentro do seu raio de alcance, algo em torno de 100 a 300 metros classificando-a como uma WLAN (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

A Figura 4, apresenta a Topologia de uma rede Wi-Fi.

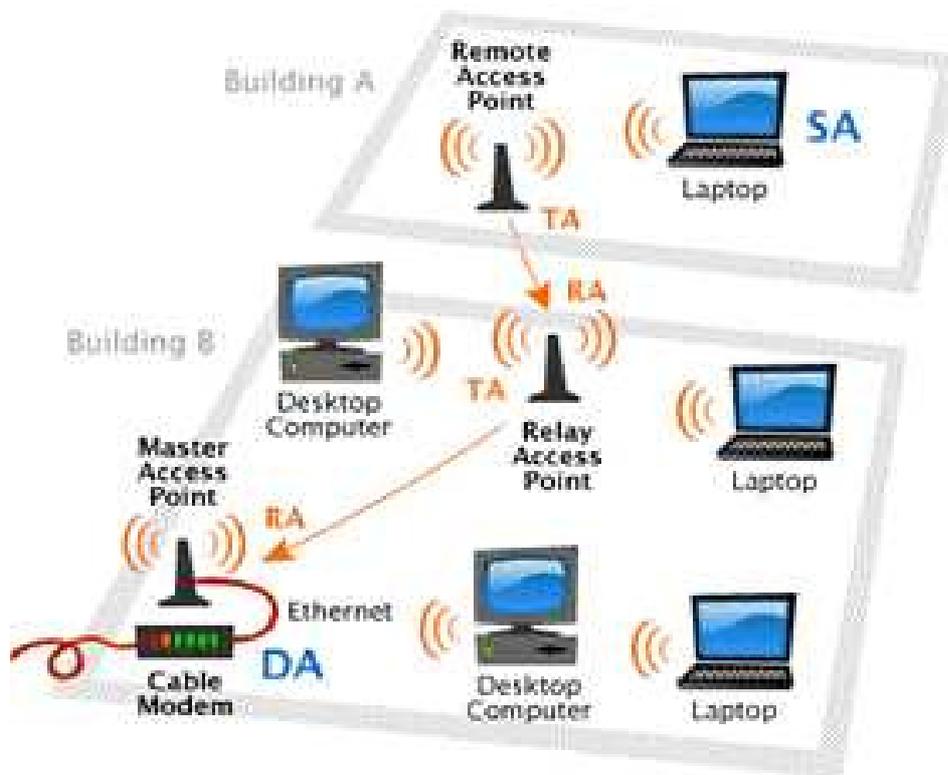


Figura 4: Topologia de uma rede Wi-Fi  
Fonte: OREILLY (2015)

### 2.3.2.1 Vantagens do uso do Wi-Fi

Devido a sua grande utilização, o Bluetooth e o Wi-Fi são bastante populares. Além disso, sua implementação permite a criação de redes locais sem o uso de cabeamento, reduzindo assim significativamente o seu custo de implantação e expansão. Devido a tamanha flexibilidade em sua instalação, permite a utilização nos mais diversos ambientes, como por exemplo, os cômodos de uma residência.

O Wi-Fi possui dispositivos de segurança muito confiáveis, como por exemplo, o WPA, que associado senhas fortemente elaboradas, tornam-se difíceis de serem quebradas. Neste âmbito já existe, inclusive, um sistema de segurança com nova encriptação denominada WPA2 que até este momento não possui vulnerabilidades conhecidas.

### 2.3.2.2 Desvantagens do uso do Wi-Fi

Devido a grande disponibilidade de literatura sobre essa tecnologia e o seu largo uso no âmbito residencial e comercial, um dos grandes problemas sem dúvida ainda se refere a vulnerabilidade da rede. Entretanto, no que se refere a este projeto, a desvantagem desta tecnologia esta no fato da mesma não possuir uma uniformidade das frequências de utilização, fato este que cria uma certa discrepância na utilização de canais adicionais e necessidade de autorização para uso em outros. Outro forte ponto de desvantagem para uso neste projeto se refere ao alto consumo de energia. Fato este, quando comparado ao Zigbee e ao Bluetooth.

Não menos importante, o Wi-Fi possui uma alta taxa de ruído, fato este que pode proporcionar uma grande interferência entre dispositivos que utilizam a mesma faixa de frequência (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

### 2.3.3 Bluetooth

Bluetooth é um protocolo de rádio que se baseia em saltos de frequências de baixo alcance, algo em torno de 10 a 100 metros (TELECOTECO, 2015), e que se une ou busca substituir, as demais redes convencionais cabeada, como por exemplo, cabos coaxiais, cabos de par trançado, cabos seriais e etc.

Nascido em 1994 depois da multinacional, Dispositivos Móveis Ericsson, hoje a Sony-Ericsson, identificar a deficiência que os dispositivos tinham em estabelecer uma interconexão entre si como, por exemplo: fone de ouvido, aparelhos celulares, impressoras, autorrádio e etc.

Após quatro anos de estudo e testes, as empresas IBM, NOKIA, INTEL e TOSHIBA se uniram a Ericsson, desenvolvendo um novo protocolo denominado Bluetooth. Este time formado para o estudo e desenvolvimento deste protocolo recebeu o nome de Bluetooth Special Interest Group (SIG). Um ano após o início das atividades, o grupo incorporou as multinacionais 3com, Lucent Technologies, Microsoft e Motorola, com a promessa de desenvolver uam maior penetração no mercado.

O protocolo recebeu esse nome, pois foi uma homenagem ao primeiro rei cristão da Dinamarca, o rei Harald Bluetooth, por conseguir comandar os reinos da Dinamarca e da Noruega à distância. A sua primeira versão foi lançada em 1999 e hoje se encontra na versão 4.0 que atingi a velocidade de 24Mbit/s, trazendo a otimização do consumo, além da mesma ser compatível com as versões anteriores.

### 2.3.3.1 Comunicação Entre Dispositivos

A comunicação entre os dispositivos é simétrica, ou seja, eles podem alternar a posição cliente ou servidor quando necessário. A cada endereço de 48 bits são ativos dois ou mais dispositivos formando uma ad hoc chamada Piconet.

A Figura 5 demonstra o piconet, que trata-se de uma unidade básica de uma rede Bluetooth. Esta unidade é composta por um conjunto de dispositivos ligados de forma "ad-hoc", onde a Frequency Hopping é quem define qual o dispositivo irá se comunicar em cada slot de tempo. Toda a comunicação de uma piconet é realizada entre um mestre e um escravo e nunca entre os escravos. Cada mestre pode controlar 7 dispositivos escravos ativos.

O escopo "ad-hoc" é desprovido de infraestrutura ou organização central, composta por dispositivos móveis sem fio, que dada a sua mobilidade e liberdade, podem entrar ou sair da rede em modo aleatório, ou seja, não há a interrupção da transmissão, se um dos dispositivos forem desconectados (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

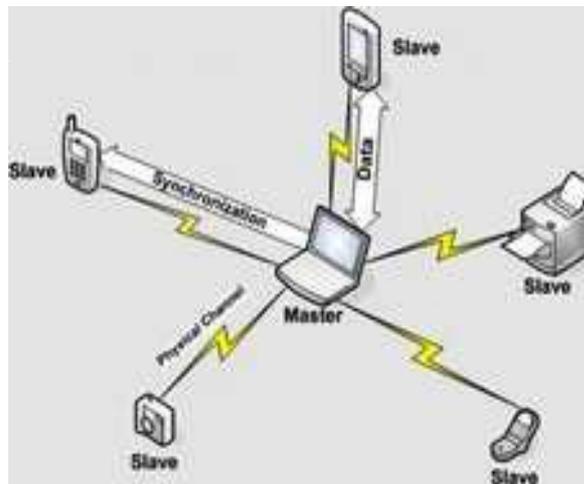


Figura 5: Comunicação Bluetooth  
Fonte: TELECO (2015).

A comunicação só é realizada entre os servidores e só por eles. Dentro de uma piconet existe uma sincronização do clock interno (frequentemente hop ou FHSS) do cliente com o servidor, cabendo a cada piconet usar um FHSS diferente. Ainda existe a possibilidade de ligar várias piconets criando uma scatternet, embora a piconet seja limitada a um único servidor, os clientes podem participar de outra piconet usando o time division multiplexing (FERNANDES, 2006).

São três os elementos utilizados para o estabelecimento das conexões: o Scan que verificar os dispositivos disponíveis para conexão, Inquiry que envia a mensagem para o dispositivo de mesma área de alcance dos dispositivos solicitante e as informações que devem ser sincronizadas e a Page que transmite os pedidos de conexão entre as diferentes portadoras a cada 1,25ms.

Os dispositivos que compõem a rede Bluetooth devem possuir as seguintes características com no mínimo seis componentes:

**Host Controller:** Responsável pelo processamento em alto nível, tanto em aplicações quanto nas camadas inferiores da pilha de protocolos Bluetooth de controle lógico, RFCOMM, L2CAP e outras funcionalidades.

**Link Control Processor:** Trata-se de um microprocessador das camadas mais baixas como link manager e link controller, que em algumas aplicações embarcadas pode se comunicar com o Host Controller por meio de um único chip.

**Baseband Controller:** Bloco lógico responsável pelo controle do transceiver de rádio frequência (RF).

**Transceiver RF:** recupera o clock, detecta dados, contém o sintetizador de rádio frequência e filtros Gaussianos.

**RF Front-end:** possui filtro de banda passante da antena, amplificador de ruídos e de energia, também é responsável pela troca de estado emissor versus receptor.

**Antena:** pode ser interna ou externa, sendo integrada em componente de terceiros (CONCEIÇÃO JUNIOR, 2012).

### 2.3.3.2 Vantagens do Uso do Bluetooth

Com Bluetooth a tecnologia sob IrDa ou conexão via porta infravermelha (mais um tipo de conexão sem fio), perderão significativamente a sua importância, visto que esta forma de conexão permite uma solução viável de baixo custo para a interconexão de curto alcance. Atualmente o Grupo Especial de Interesse (SIG) reúne as empresas que lideram o

desenvolvimento deste sistema cujo comprometimento é desenvolver software e hardware seguindo as especificações impostas.

Pelo fato de que as comunicações sem fio já possuem e cada vez mais, passarão a ter nobre utilização, este tipo de tecnologia, será modelada para uso de diferentes dispositivos interconectados por meio de várias opções de software com tal finalidade.

Com a expansão dos protocolos existentes, esta tecnologia pode ser facilmente inserida entre os demais protocolos que já estão em uso, como por exemplo, o protocolo TCP/IP.

#### 2.3.3.3 Desvantagens do Uso do Bluetooth

O número máximo de dispositivos que podem se conectar ao mesmo tempo é limitado. Visto da demanda prevista no projeto, este é um ponto bastante desmotivador. O alcance é bastante curto. Em testes realizados pelo autor, protocolos com este tipo de comunicação apresentaram dificuldade de comunicação entre dois cômodos com divisórias de parede de alvenaria.

Devido à facilidade do uso e a popularização desta tecnologia vários hackers vêm desenvolvendo programas maliciosos que utilizam o Bluetooth como forma de acesso. Com a utilização destes programas pode-se ler as mensagens, ver a lista de contatos, mudar o perfil, fazer o telefone tocar mesmo estando em modo silencioso, fazer downloads dos ringtones, reiniciar o telefone, desligar o telefone, restaurar os valores de origem, mudança de toque volume e até fazer ligações. Porém existem formas de se prevenir contra estes ataques maliciosos, eles são: Mantê-lo ativado somente quando estiver em uso, atualizar periodicamente os softwares do fabricante, utilizar o modo “Invisível”, “Oculto” e configurar seu aparelho para pedir uma senha antes de se conectar com outro.

#### 2.3.4 Módulos RF 315Mhz e 433Mhz

Um módulo de Rádio Frequência (RF) é um (normalmente) pequeno dispositivo eletrônico usado para transmitir e/ou receber sinais de rádio entre dois dispositivos. Em um sistema embarcado é utilizado para comunicar com um outro dispositivo sem fios. Esta comunicação pode ser realizada através de uma comunicação óptica ou através da comunicação frequência de rádio. Para muitas aplicações, o meio de escolha é de RF, uma vez

que não requer linha de visão. Para que possa existir uma comunicação de RF o sistema deve possuir um transmissor e um receptor.

Módulos de RF são amplamente utilizados em circuitos eletrônicos, devido à dificuldade de projetar circuitos de rádio. Um bom circuito de rádio é notoriamente complexo, devido à sensibilidade dos circuitos de rádio e da precisão dos componentes a disposição necessária para atingir o funcionamento em uma frequência específica. Além disso, o circuito de comunicação de RF de confiança exige uma monitorização cuidadosa do processo de fabricação para garantir que o desempenho do RF não é afete negativamente o restante do circuito.

Finalmente, circuitos de rádio estão sujeitos a limites de emissões irradiadas normalmente, e exigem testes de conformidade e certificação por uma Organização de Normalização: como ETSI ou a Comissão Federal de Comunicações dos EUA (FCC). Por estas razões, os projetistas que desejam utilizar comunicação por RF em um circuito acabam por utilizar um módulo RF pré-fabricados em vez de tentar um design discreto, economizando, dessa maneira, tempo e dinheiro no desenvolvimento.

Módulos de RF são mais frequentemente utilizados em produtos de volume médio e baixo para aplicações de consumo: como abridores da porta da garagem, sistemas de alarme sem fio, controles remotos industriais, aplicações de sensores inteligentes e sistema de automação residencial sem fio. Eles são por vezes usados para substituir projetos de comunicação infravermelho mais velhos, pela vantagem de não necessitar de operação com linha de visão.

Várias são as frequências utilizadas para a comunicação dos módulos de RF comercialmente disponíveis, incluindo as de uso Industrial, Bandas de Rádio Científicas e Médicas (ISM): tais como 433.92 MHz, 315 MHz, 868 MHz, 915 MHz, 2400 MHz. Estas frequências são usadas por causa dos regulamentos nacionais e internacionais que regem as faixas de frequência de uso livre.

Módulos de RF podem cumprir um protocolo definido para comunicações de RF, tais como: Zigbee, Bluetooth com baixo consumo de energia ou Wi-Fi, ou ainda, podem implementar um protocolo proprietário, conforme será visto no capítulo 3 deste projeto.

### 2.3.5 Redes sem Fio – Considerações Finais

Com base nos estudos realizados sobre tecnologias de redes sem fio, percebe-se que dos Módulos RF433Mhz com protocolo proprietário na interconexão entre dispositivos são os

mais viáveis para a implantação do projeto, considerando que a pesquisa se baseou em critérios predefinidos que sustentam tal conclusão.

Em comparação com os outros protocolos, os módulos de comunicação RF de 433Mhz apresentam todas as características para ser classificado como o mais viável. Novamente, diante dos fatos abordados ao longo desse trabalho.

As suas propriedades nativas, como as baixas taxas de transferências que permitem o baixo consumo de energia e a possibilidade de interconexão entre diversos dispositivos sem o uso de cabeamento físico associadas a um baixo custo de aquisição, garantem o atendimento a todas as demandas previstas no desenvolvimento do projeto.

Os módulo RF433MHz ainda operam sob frequências ISM, que não são licitadas e assim, eliminam os custos para aquisição de frequências. Tais características fornecem subsídios para afirmar que os módulos de comunicação RF433Mhz são a opção mais viável para a interconexão entre dispositivos de Automação Residencial.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

Este capítulo apresenta os materiais e o método utilizados na realização deste trabalho. Os materiais se referem às tecnologias como linguagens de programação, bibliotecas, hardwares, circuitos integrados, componentes eletrônicos, plataforma de operação e demais instrumentos necessários para a implementação do sistema. O método contém as etapas com os principais procedimentos utilizados para o desenvolvimento do sistema, abrangendo do levantamento dos requisitos aos testes.

#### 3.1 MATERIAIS

Os sistemas de automação residencial presentes no mercado são, em sua maioria, centralizados, ou seja, um equipamento gerencia todo o sistema, além de transferir os comandos entre a IHM e os acionadores por cabeamento. O projeto apresentado neste trabalho atua de forma bastante similar. Em seu modo de operação, além do dispositivo de gerenciamento – denominado Server Manager Automation (SMA), também estão presentes a IHM, implementada em forma de uma aplicação para ambientes LINUX, e os acionadores de dispositivos, construídos com a utilização de módulos de comunicação RF 433Mhz, decodificadores seriais, relés e etc.

As ferramentas, instrumentos e as tecnologias utilizadas para as atividades de modelagem, implementação e execução do protótipo são:

- a) Raspberry Pi, como microcomputador;
- b) WiringPi, como driver para acesso a portas lógicas do Raspberry Pi;
- c) Linux Raspbian Jessie, como plataforma operacional do microcomputador;
- d) Lazarus, como linguagem de programação para desenvolvimento da IHM;
- d) Módulo RF433Mhz, como dispositivo emissor e receptor sem fio;
- e) CI's HT-12D e HT12E, como decodificadores de comunicação serial;
- f) CI 555, como temporizador de pulso de transmissão;
- g) CI LM7805, como regulador de tensão;
- h) Relé 12V, como acionar físico de circuito;
- i) DIP SWITCH 8P, como configurador de endereçamento;

### 3.1.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito, que se conecta a um monitor de computador ou TV, e usa um teclado e um mouse padrão, desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi. Todo o hardware é integrado numa única placa. O principal objetivo é promover o ensino em Ciências da Computação básica em escolas (WIKIPEDIA, 2015).

Este pequeno dispositivo que permite que as pessoas de todas as idades possam explorar a computação para aprender a programar em linguagens como Python, C++, Java, Lazarus e etc. É capaz de fazer tudo que você esperaria de um computador desktop, como navegar na internet, reproduzir vídeo de alta definição, fazer planilhas, processamento de texto, e jogar jogos e acionar periféricos (WIKIPEDIA, 2015).

Como ferramenta de educação, é utilizado por crianças de todo o mundo para aprender como funcionam os computadores, como manipular o mundo eletrônico ao redor deles, e como programar.

Além de ser comparado ao um autêntico DeskTop, o Raspberry Pi tem a capacidade de interagir com o mundo exterior de maneira que atualmente já é aplicado em uma ampla gama de projetos de fabricantes digitais, de máquinas de música e detectores de presença, sistemas de monitoramento de segurança, aquisição de sinais em estações climáticas e etc (WIKIPEDIA, 2015).

O computador é baseado em um system on a chip (SoC) Broadcom BCM2835,8 que inclui um processador ARM1176JZF-S de 700 MHz, GPU VideoCore IV,9 e 512 MB de memória RAM. O projeto não inclui uma memória não-volátil, como um disco rígido, mas possui uma entrada de cartão SD para armazenamento de dados.

Foram lançados três modelos no mercado, sendo: Modelo A+, Modelo A e Modelo B. A grande diferença entre os três modelos é que o Modelo B, visto na Figura 6, possui um controlador Ethernet e duas portas USB, enquanto que o Modelo A possui apenas uma porta USB e nenhuma porta de Ethernet e o Modelo A+ possui um maior número de portas GPIO (General Purpose Input/Output) para conexões com dispositivos externos, 40, enquanto seus antecessores possuem 26.

Para o desenvolvimento deste projeto optou-se pela utilização do Modelo B, visto que possui a melhor configuração para atendimento aos requisitos mínimos necessários, como acesso a rede diretamente por uma porta Ethernet e número suficiente de pinos para conexão a dispositivos externos.



Figura 6: Raspberry Pi Modelo B  
Fonte: RaspBerry Foundation

#### 3.1.1.1 Portas GPIO

O GPIO é basicamente um conjunto de pinos responsável por fazer a comunicação de entrada e saída de sinais digitais. No modelo B, utilizado no desenvolvimento do projeto, ele é composto por 26 pinos. Com estes pinos é possível acionar LEDs, Motores, Relês, fazer leitura de sensores e botões, entre outros. Para entendermos melhor as características desses pinos, a seguir será demonstrado um mapa dos pinos (ARAUJO, 2015).

Os pinos GPIO demandam de alguns cuidados específicos, visto que não possuem um sistema de proteção, como nos Arduinos. O Raspberry não usa o sistema de lógica digital padrão chamado de TTL, onde o nível alto lógico é 5v (o mesmo utilizado no Arduino e em portas LPT). Este fato merece um certo cuidado devido a Pi utilizar um sistema próprio, onde nível alto lógico é de 3.3V, logo, a aplicação de uma tensão maior do que está em uma das portas poderá danificá-la, chegando inclusive, a queimar toda a placa.

Ressalta-se também que, devido ao Raspberry não possuir um sistema de proteção, deve-se tomar muito cuidado para que não aconteça curto entre seus pinos, uma vez que eles estão muito próximos um dos outros.

#### 3.1.1.1.1 Mapa dos Pinos

Se um dispositivo possui uma interface GPIO, diz-se que este dispositivo pode se conectar com outros, através de uma tecnologia que é de uso geral, ou seja: essa conexão pode ser feita de múltiplas formas.

Essa conexão se dá através de portas, que nada mais são do que condutores físicos capazes de transmitir ou receber sinais elétricos. Em notebooks ou desktops, por exemplo, tem-se as portas Seriais, que pode receber periféricos como leitoras de código de barras, dispositivos biométricos e etc. Na GPIO do Raspberry Pi a ideia é a mesma, ou seja, a porta GPIO possui uma série de pinos (condutores físicos) onde pode-se obter sinais elétricos com capacidade de acionar e desacionar dispositivos a eles ligados.

As portas (pinos) estão localizadas numa das bordas da placa, e não possuem identificação. Por isso, antes de começar a fazer as ligações de um projeto é preciso estudar seu mapa de pinos. A Figura 7 demonstra a identificação de cada um destes pinos, lembrando que o projeto se utiliza do Raspberry Pi B.

Physical / Raspberry Pi Name		
3.3v	1	2 5v
SDA0	3	4 DNC
SCL0	5	6 0v
GPIO 7	7	TX
DNC	9	10 RX
GPIO 0	11	12 GPIO 1
GPIO 2	13	14 DNC
GPIO 3	15	16 GPIO 4
DNC	17	1 GPIO 5
SPI MOSI	19	20 DNC
SPI MISO	21	22 GPIO 6
SPI SCLK	23	24 SP10 CEO N
DNC	26	26 SP10 CE1 N

Figura 7: Mapa de Pinos GPIO RaspBerri Pi Modelo B  
Fonte: RASPBERRY FOUNDATION (2015)

De todos os pinos apresentados no mapa, os destacados como GPIO são os que possuem características nativas de I/O, ou seja, permitem comunicação Input/Output de dados.

Entretanto, com exceção do pinos de tensão fixa (1, 2) há oito pinos de uso que podem ser programados tanto como saídas digitais ou entradas. Um destes pinos é designado para saída PWM, 2 Pinos são designados como interface I2C e 4 pinos, designados como interface SPI. Completando, 2 pinos ainda são utilizados como portas seriais UART.

Como já mencionado, os pinos com características I2C, SPI e UART também pode ser usado como propósito geral, quando não estão sendo utilizados em seus modos de dados, dando um total de  $8 + 2 + 5 + 2 = 17$  pinos I/O.

Neste trabalho, os pinos I2C, SPI e UART foram configurados de modo a expandir a porta GPIO para o maior número de pinos I/O, atendendo a demanda de pinos necessárias à execução do projeto.

A Figura 8, representa um exemplo simples de ligação para acionamento de um LED por meio de uma porta GPIO do Raspberry Pi:

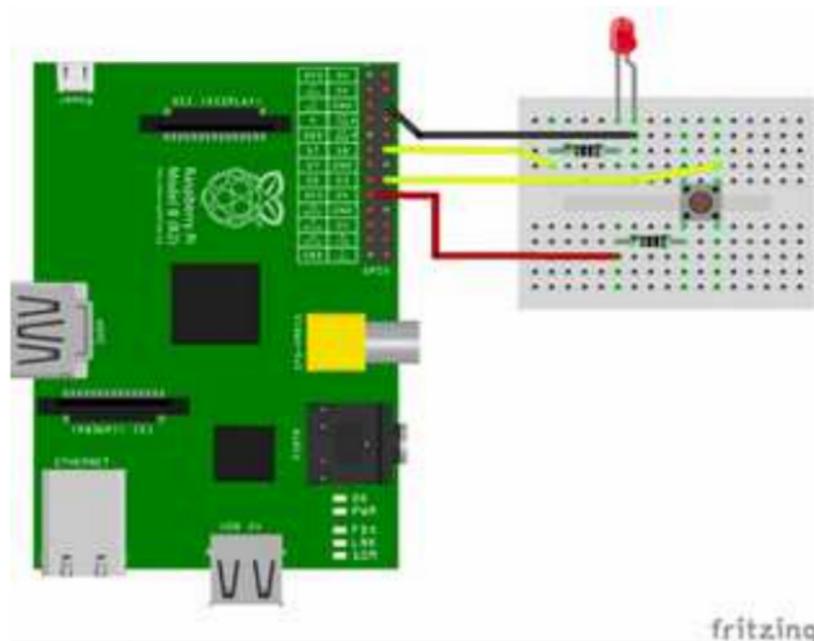


Figura 8: Acionamento de LED pela porta GPIO Raspberry Pi

### 3.1.2 Biblioteca WiringPi

WiringPi é uma biblioteca de acesso GPIO escrita em C. Ela é liberada sob a licença GNU LGPLv3 e é utilizável a partir de C e C ++ e muitas outras línguas com invólucros adequados.

A biblioteca WiringPi inclui um sistema utilitário de comandos que podem ser utilizados para programar e configurar os pinos GPIO. Este utilitário pode ser utilizado para ler e escrever sinais lógicos diretos nos pinos ou até mesmo, usá-los para controles a partir de scripts shell.

A WiringPi suporta a leitura analógica e escrita, enquanto não há nenhum hardware analógico nativo em um Pi por padrão, os módulos são fornecidos para suportar os Gertboards de chips analógicos ou outros dispositivos de conversão analógico-digital (A/D) ou digital-analógico (D/A) de maneira a serem implementados de forma relativamente fácil.

WiringPi é mantida sob GIT, um sistema de controle de versão distribuído e um sistema de gerenciamento de código fonte, que facilita o controle de alterações. Para realizar a instalação no Raspberry Pi, em qualquer uma das versões Debian (por exemplo Raspbian), deve-se executar as seguintes sequências de comandos:

```
git clone git: //git.drogon.net/wiringPi
cd wiringPi
git pull origin
cd wiringPi
./build
```

### 3.1.3 Linux Debian Jessie

Várias plataformas já estão disponíveis para uso no Raspberry Pi, como por exemplo, o Linux e o Windows. Dentre as distribuições Linux que podem ser utilizadas no Raspberry Pi, pode-se citar Ubuntu, OSMC, Pinet, RiscOS e etc. Por padrão, o Raspberry Pi vem com uma distribuição denominada Raspbian,

Conforme descreve o guia de instalação disponibilizado no site do desenvolvedor, Raspberry.org, O Raspbian é um sistema operacional livre baseado em Debian, otimizado para o hardware Raspberry Pi. Um sistema operacional é o conjunto de programas básicos e utilitários que fazem parte de seu microcomputador Raspberry Pi. No entanto, o Raspbian

fornece mais do que um simples sistema operacional. Esta distribuição já vem com mais de 35000 pacotes de software, pré-compilados empacotado em um formato agradável para fácil instalação em sua Raspberry Pi.

Esta compilação inicial de mais de 35.000 pacotes Raspbian, otimizada o melhor desempenho no Raspberry Pi e foi concluída em junho de 2012. No entanto, Raspbian ainda está em desenvolvimento ativo, com ênfase na melhoria da estabilidade e desempenho do maior número de pacotes Debian quanto possível.

Importante destacar que o Raspbian não é afiliado a Fundação Raspberry Pi. Raspbian foi criado por uma pequena dedicada equipe de desenvolvedores que são fãs do hardware Raspberry Pi.

Neste projeto, a distribuição utilizada é a nativa, Raspbian, pois, conforme descreve o seu guia de instalação, possui bibliotecas nativas de acesso as portas GPIO, tendo uma maior compatibilidade com a WiringPi e outras ferramentas de compilação necessárias ao Lazarus.

#### 3.1.4 Lazarus

O Lazarus é um ambiente de desenvolvimento integrado desenvolvido para o compilador Free Pascal. O software objetiva ser compatível com o Delphi e, ao mesmo tempo, suportar diversas arquiteturas e sistemas operacionais.

O Free Pascal é um compilador de Object Pascal que roda em Linux, Windows, OS/2, Mac OS tradicional, Mac OS X, ARM, BSD, BeOS, DOS e mais. Ele foi desenhado para compilar código com a sintaxe do Delphi ou dos dialetos Pascal do Macintosh e gerar executáveis para diferentes plataformas a partir de um mesmo código-fonte (WIKIPEDIA, 2015).

Lazarus é um ambiente de desenvolvimento integrado desenvolvido para o compilador Free Pascal. O software objetiva ser compatível com o Delphi e, ao mesmo tempo, suportar diversas arquiteturas e sistemas operacionais.

Deste modo, instalar pacotes equivale a ligar o programa à IDE. Então distribuir o Lazarus com pacotes pré-instalados feitos sob licenças não compatíveis com a GPL é uma violação da licença. Apesar disso é possível desenvolver pacotes do Lazarus proprietários, desde que não se distribua a IDE com eles pré-instalados (WIKIPEDIA, 2015).

Dessa forma, considera-se que o Lazarus seja uma ferramenta feita em código aberto para programadores. Possui um TForm onde você cria as suas janelas e coloca vários componentes diferentes de acordo com a ocasião.

Outros similares no mercado, como por exemplo o Delphi, sempre levaram a fama de trazer muita coisa já pronta. Todavia no Lazarus, a situação não muda muito. Há vários componentes que realmente facilitam a tarefa do desenvolvedor.

Muitos programadores abominam componentes assim pelo fato de fazer com o que o programa aumente muito o tamanho. Outros adoram, afinal, para quem deseja economizar tempo, componentes assim tornam-se extremamente úteis.

Neste projeto, três pontos foram cruciais na tomada de decisão pela escolha desta linguagem de programação.

1. Afinidade do desenvolvedor com a linguagem Delphi;
2. Ferramenta Open-Source;
3. IDE multiplataforma.

Para completar, o programa tem uma enorme comunidade de pessoas suportando o projeto, o que inclui cientistas e estudantes, alunos e professores, profissionais e amadores. A wiki do projeto fornece tutoriais, documentações e ideias. Além disso, os fóruns e listas de discussão oferecem um espaço para você fazer perguntas e conversar com os usuários e os desenvolvedores.

### 3.1.5 Módulo de Rádio Frequência 433Mhz

Os módulos RF433Mhz são componentes básicos para comunicação via rádio frequência, presente em sistemas de alarmes, controle remoto, aquisição de dados e robótica em geral. Com alcance de comunicação de até 200 metros sem obstáculos, possuem modulação AM (Amplitude Modulation) e frequência de trabalho de 433MHz.

Em AM (Amplitude Modulada), a força (amplitude) da portadora de um transmissor é variada conforme a modulação do sinal varia.

Em um microfone, por exemplo, que se utiliza de um transmissor AM, o microfone converte a voz em tensão (voltagem) variada. Esta voltagem é amplificada e então usada para variar a potência da saída do transmissor. A amplitude modulada adiciona potência a portadora, com a quantidade adicionada sendo dependente da intensidade da voltagem de modulação (SARMENTO, 2015).

Pode-se visualizar este processo observando a Figura 9, que demonstra como a amplitude da portadora está sendo variada para transportar o sinal:

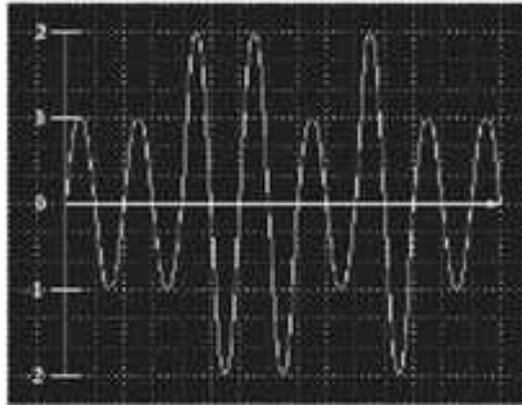


Figura 9: Variação de Amplitude AM  
Fonte: SARMENTO (2015)

Já na Figura 10, é demonstrado o sinal da portadora e o sinal a ser enviado (sinal modulador), e o resultado final que é o sinal AM:

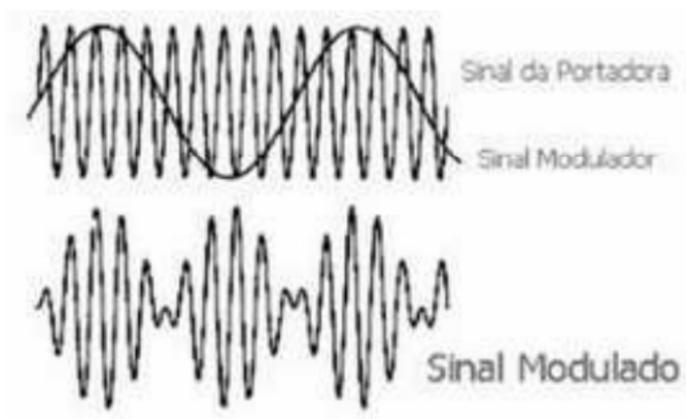


Figura 10: Sinal AM Modulado  
Fonte: SARMENTO (2015)

Os módulos transmissores aceitam tensões na faixa de 3,5 a 12v, o que, como verificamos no funcionamento de AM's, também produz significativa alteração no alcance da transmissão.

Na Figura 11, é apresentada de forma detalhada, a pinagem dos módulos receptor e do módulo de transmissor.

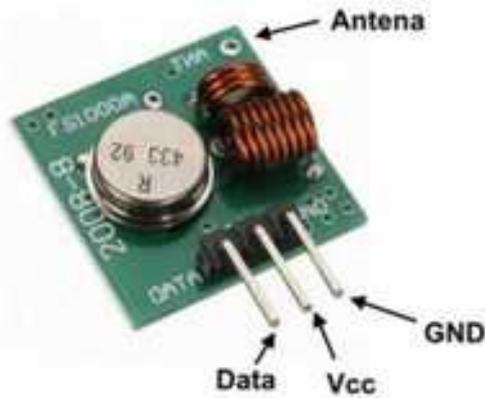
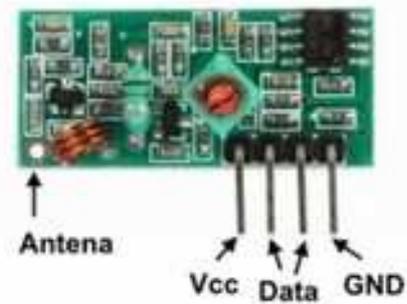
**TRANSMISSOR****RECEPTOR**

Figura 11: Módulo Receptor e Transmissor RF433Mhz  
 Fonte: FILIPEFLOP (2015)

Especificações Transmissor:

- Modelo: MX-FS-03V
- Alcance: 20-200 metros (conforme voltagem)
- Tensão de operação: 3,5-12v
- Modo de operação: AM (Modulação em Amplitude)
- Taxa de transferência: 4KB/s
- Potência de transmissão: 10mW
- Frequência de transmissão: 433MHz
- Pinagem: Dados-VCC-GND (Esq.->Dir.)
- Dimensões: 19 x 19mm

Especificações Receptor:

- Modelo: MX-05V
- Tensão de operação: 5v DC
- Corrente de operação: 4mA
- Frequência de recepção: 433MHz
- Sensibilidade: -105dB
- Dimensões: 30 x 14 x 7mm

### 3.1.6 Circuitos Integrados HT-12E e HT-12D

Os Circuitos Integrados HT-12E e HT-12D são componentes eletroeletrônicos fabricados pela HOLTEK® e respectivamente referem-se a um codificador e um decodificador (Figura 12 e Figura 13).

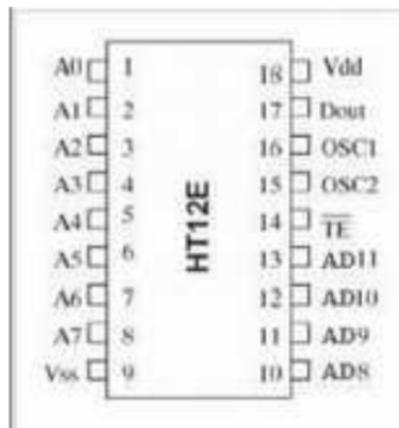


Figura 12: CI Codificador  
Fonte: HOLTEK

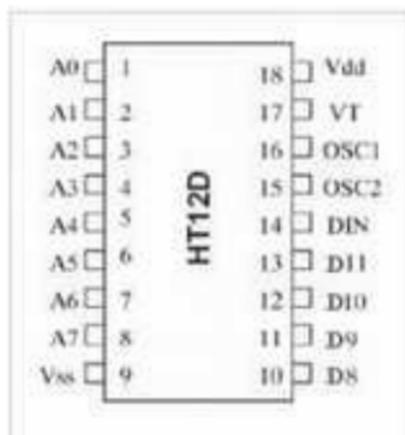


Figura 13: CI Decodificador  
Fonte: HOLTEK

Basicamente, servem para evitar que módulos RF sofra interferência de outro dispositivo similar. Para que a comunicação entre o Codificador e o Decodificar exista, basta que ambos possuam as mesmas configurações de chaves (código). Por exemplo, se no primeiro C.I. configurarmos a chave A0 como fechada e o restante (A1 até A7) deixarmos abertas, teremos então que fazer esta mesma configuração no outro C.I. para que haja uma comunicação entre eles.

Estes CI's pertencem a uma série de CMOS LSIs para aplicações em sistemas de controle remoto. São capazes de codificar a informação que consiste em 8 bits de endereço e 4 bits de dados. Cada combinação de endereço/dados pode ser configurada para um dos dois estados lógicos. Ou seja, ou 0 ou 1. Os endereços programados e os dados são transmitidos acompanhado dos bits de cabeçalho um de RF.

Os circuitos integrados da série HT-12 disponibilizam ainda a capacidade para selecionar um gatilho de transmissão (TE) no codificador ou selecionar um gatilho de leitura de dados no decodificador.

O status de cada pino de endereço ou de dados podem ser individualmente pré-definidos para lógica necessária, sendo esta combinação enviada, somente quando um o gatilho TE permitir. Assim que ativado o gatilho, ocorre um varrimento de dados pelo codificador e este transmite o estado dos 12 bits em série na ordem de AD11 para A0.

Durante a transmissão de dados, estes bits são transmitidos com sincronismo. Logo, se o não está ativo, o CI entra em modo de espera, consumindo uma corrente reduzida de menos de 1uA em uma tensão de 5V.

Em aplicações usuais, além de evitar a colisão de dados, os endereços permitem ao usuário predefinir endereço com códigos de segurança individuais, usando, por exemplo, Dip Switches e Trilhas de Circuito Impresso, enquanto os dados são selecionados por botões ou interruptores eletrônicos.

A Figura 14, apresenta um exemplo de aplicação do HT12E:

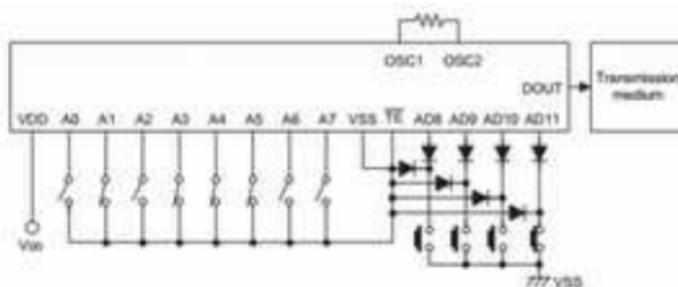


Figura 14: Exemplo de uso do CI HT-12E  
Fonte: HOLTEK

### 3.1.7 Circuito Integrado Temporizador 555

Um dos circuitos integrados mais versáteis até hoje fabricado é o timer 555. Projetado para reunir funções muito usadas de maneira muito simples, exigindo poucos periféricos, o circuito integrado 555 é a solução ideal para projetos que exigem temporizações de até uma hora ou a produção de sinais de até 100 kHz ou pouco mais. (REVISTA ELETRÔNICA, 2013)

O circuito integrado 555, como é popularmente conhecido, é produzido por inúmeros fabricantes tradicionais de circuitos integrados que normalmente agregam ao número 555 símbolos adicionais que permitem a identificação de sua procedência, de forma que pode-se encontrar siglas como NE555, LM555, UA555, etc., que indicam qual é o fabricante do componente como a Signetics (que o criou), National, Texas , Fairchild, etc. O 555 pode ser encontrado em diversos tipos de invólucros, mas o mais comum e portanto mais utilizado é o DIL de 8 pinos, conforme mostra a Figura 15 (REVISTA ELETRÔNICA, 2013):

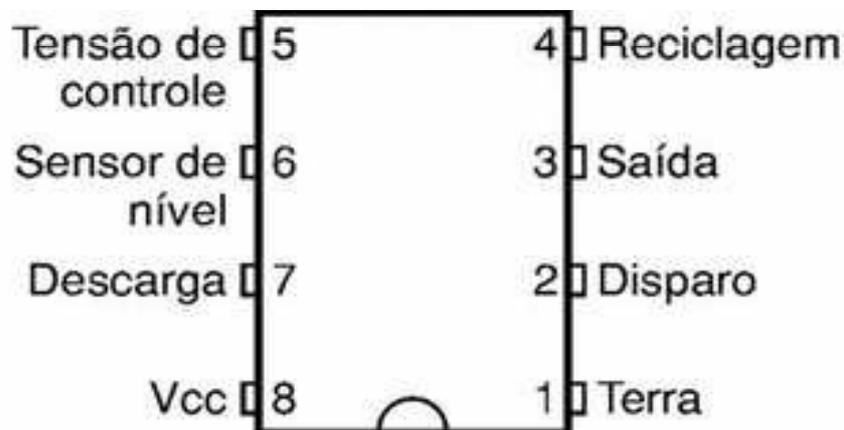


Figura 15: CI 555 – Temporizador  
Fonte: REVISTA ELETRÔNICA(2013)

Para o usuário do 555 é importante saber que ele pode funcionar com tensões de 5 a 18 volts e que sua saída pode fornecer ou drenar correntes de até 200-mA. Se bem que esta corrente permite o acionamento direto de relés e outros tipos de cargas, é costume utilizar-se uma etapa isoladora-amplificadora (buffer) quando a carga é indutiva (relés e solenoides), com maior estabilidade para o componente (REVISTA ELETRÔNICA, 2013).

De maneira resumida, sua configuração se resume a uma combinação de resistores e capacitores que, quando corretamente configurados, permitem que ocorra um fluxo de tensão

no capacitor, de modo que quando a tensão no capacitor sobe de 1/3 do valor da tensão de alimentação no ciclo de carga, a tensão na saída do 555 se mantém no nível alto.

Quando a tensão alcança 2/3 da tensão de alimentação acontece a mudança de estado do circuito, quando então ao mesmo tempo que a saída vai ao nível baixo, o capacitor se descarrega até 1/3 da tensão de alimentação.

Com 1/3 da tensão de alimentação ocorre nova mudança de estado e temos um novo ciclo de carga.

Variando a combinação Resistor/Capacitor, pode-se controlar o tempo de carga do capacitor e conseqüentemente, o tempo de pulso de saída do CI.

### 3.1.7.1 Exemplo de Circuito Prático

Um exemplo de circuito prático com o 555 na configuração monoestável é no disparo de um relé em um circuito temporizador. Este circuito é visto na Figura 16 e o tempo máximo obtido com os componentes usados é da ordem de 1 hora.

Neste exemplo pode-se observar que o capacitor recarrega através dos dois resistores que estão em série ( $R_1+R_2$ ), mas descarrega-se apenas pelo resistor  $R_2$ .

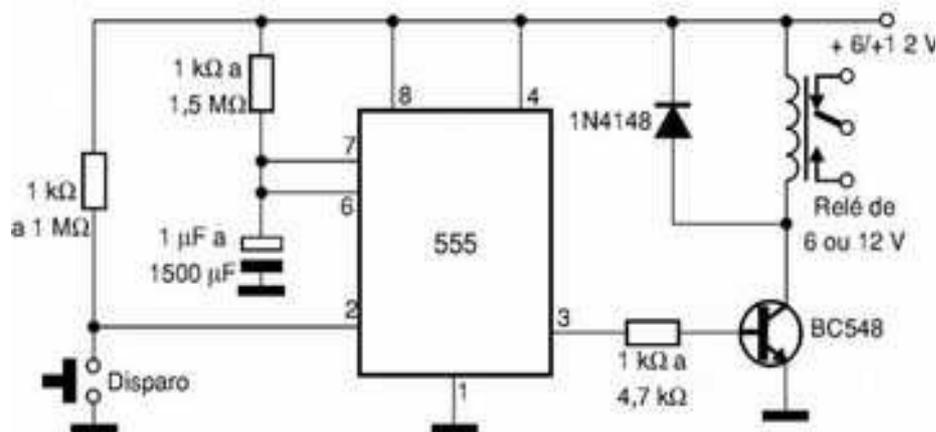


Figura 16: Exemplo de Circuito Prático CI 555  
Fonte: REVISTA ELETRÔNICA (2013)

Os limites de operação do 555 demonstrados neste exemplo retirado da REVISTA ELETRÔNICA são muito simples. Varias outras configurações ou variações de combinações para funcionamento permitem o desenvolvimento de novas aplicações.

Neste projeto o CI utilizado será o LM555 sendo que seu esquema de ligação será similar ao aqui descrito, visto que esta configuração atende perfeitamente as necessidades de desenvolvimento.

### 3.1.8 Circuito Integrado Regulador de Tensão LM7805

Os reguladores de tensão na forma de circuitos integrados de três terminais são quase que obrigatórios em projetos de pequena e média potência. Os tipos da série 7800 que podem fornecer tensões de 5 a 24 volts tipicamente com corrente de 1 ampère são extremamente atraentes para projetos (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012).

A série de circuitos integrados 78XX onde o XX é substituído por um número que indica a tensão de saída, consiste em reguladores de tensão positiva com corrente de até 1 ampère de saída e que são apresentados em invólucro TO-220 conforme mostra a Figura 17 (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012):

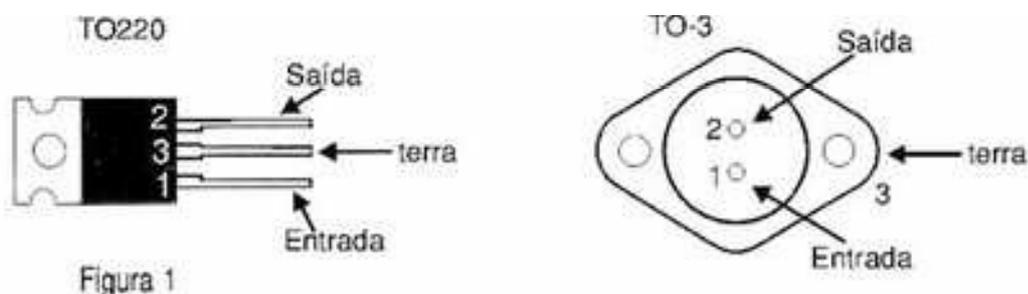


Figura 17: Encapsulamento e Pinagem CI LM 78XX  
Fonte: NEWTONCBRAGA (2012)

Diversos são os fabricantes que possuem os circuitos integrados desta série em sua linha de produtos e as tensões de saída podem variar sensivelmente de um para outros. No entanto, os valores básicos para estas tensões, que são dados pelos dois últimos algarismos do tipo do componente são (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012):

- 1 . 7805 = 5 volts
- 2 . 7806 = 6 volts
- 3 . 7808 = 8 volts
- 4 . 7885 = 8,5 volts
- 5 . 7812 = 12 volts
- 6 . 7815 = 15 volts

7 . 7818 = 18 volts

8 . 7824 = 24 volt

A tensão máxima de entrada para os tipos de 5 a 18 volts é de 35 volts. Para o tipo de 24 volts a tensão de entrada máxima é de 40 volts. De qualquer modo, para um bom funcionamento a tensão de entrada deve ser no mínimo 2 volts mais alta que a tensão que se deseja na saída (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012).

Os circuitos integrados da série 78XX possuem proteção interna contra curto-circuitos na saída e não necessitam de qualquer componente externo.

A seguir são descritas as principais características do 7805 que será utilizada como regulador de tensão no desenvolvimento deste projeto e que também servem como base para os demais itens da série (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012):

#### 3.1.8.1 Características do LM 7805

	min.	tip.	max.	
Tensão de saída	4,8	5,0	5,2	volts
Regulagem de linha	-	3	50	mV
Regulagem de carga	-	15	50	mV
Corrente quiescente	-	4,2	6,0	mA
Rejeição de ripple	60	70	-	dB
Resistência de saída	-	17	-	mOhms

#### 3.1.9 Relé

Os relés são dispositivos comutadores eletromecânicos, que possuem nas proximidades de um eletroímã, uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica, cria-se um campo magnético que atua sobre a armadura, atraindo-a. Nesta atração ocorre um movimento que ativa os contatos, os quais podem ser abertos, fechados ou comutados, dependendo de sua posição, conforme mostra a Figura 18 (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012):

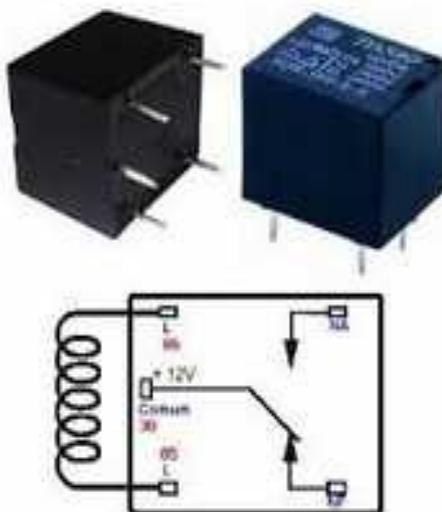


Figura 18: Estrutura do Relé  
Fonte: PROISEG (2015)

Em resumo, isso significa que, através de uma corrente de controle aplicada à bobina de um relé, podemos abrir, fechar ou comutar os contatos de uma determinada forma, controlando assim as correntes que circulam por circuitos externos. Quando a corrente deixa de circular pela bobina do relé o campo magnético criado desaparece, e com isso a armadura volta a sua posição inicial pela ação da mola (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012).

Os relés se dizem energizados quando estão sendo percorridos por uma corrente em sua bobina capaz de ativar seus contatos, e se dizem desenergizados quando não há corrente circulando por sua bobina (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2012).

Assim como a aplicação mais imediata de um relé com contato simples, que é a de controlar um circuito externo ligando ou desligando-o, neste projeto este dispositivo eletrônico também será assim implementado, sendo o responsável por energizar e desenergizar os dispositivos controlados pelo sistema de automação residencial HouseManager.

### 3.1.10 Dip Switch

Uma chave DIP é um interruptor eletrônico disposto em grupos, apresentados em um formato padrão encapsulado denominado Dual In-line Package (DIP). O conjunto, em sua totalidade, também pode ser referenciado por chave DIP, no singular. Este tipo de interruptor

fora projetado para ser usado em placas de circuito impresso em conjunto com outros componentes eletrônicos e é comumente usado para personalizar o comportamento de dispositivos eletrônicos em determinadas situações. Foram utilizadas massivamente em antigas placas ISA PC para selecionar IRQs e endereços de memória (WIKIPEDIA, 2015).

As chaves DIP são geralmente comercializadas em grupos de sete ou oito interruptores. Sete chaves podem ser utilizadas para representar caracteres ASCII, oferecendo até 128 combinações totais, enquanto oito chaves é o tamanho de um byte de computador (8 bits), e possui um total de 256 combinações (WIKIPEDIA, 2015).

Tais interruptores são uma alternativa para os jumpers. Suas principais vantagens são sua facilidade e rapidez em mudar de estado e a ausência de partes móveis que possam ser perdidas, visto que jumpers requerem a remoção ou inserção de conexões metálicas (WIKIPEDIA, 2015).

Chaves DIP podem ser utilizadas para aquisição de sinais ou para armazenar códigos binários. No dia a dia, seu uso prático está voltado para armazenar códigos de segurança em portões automáticos e outros aparelhos de radiocontrole. Entretanto, esta funcionalidade também pode ser replicada diretamente no circuito impresso ou através do uso de Jumpers. Este sistema de codificação, associado a outros componentes, permite que o sinal de rádio não sofra interferência de outros controles remotos na vizinhança.

Neste projeto, o sistema de codificação necessários aos CI's HT-12D e HT-12E vistos no item 3.1.6 deste capítulo, e responsáveis pela segurança e criptografia da transmissão de dados, serão configurados através de um DIP SWITCH de 8 posições, associados a um código segredo, fixo no software e nos módulos atuadores.

A Figura 19, apresenta um modelo de DIP SWITCH de oito posições:

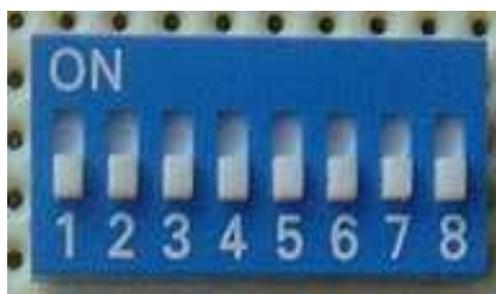


Figura 19: Dip Switch 8 Posições  
Fonte: WIKIPEDIA

## 3.2 MÉTODO

O método utilizado para a realização do trabalho está baseado nas fases de análise, projeto, codificação, manipulação de hardware e testes do modelo sequencial linear exposto em Pressman (2005). Essas fases foram utilizadas como base, mas sofreram inclusões e alterações para adaptar-se aos objetivos deste projeto. Ressalta-se que as atividades realizadas não foram estritamente sequenciais. As principais fases ou etapas definidas para o ciclo de vida do sistema são:

a) Planejamento – planejamento do projeto, definindo as principais etapas e atividades. Esse planejamento foi feito com o orientador deste trabalho visando desenvolver o sistema e a monografia em paralelo. Reuniões periódicas com o orientador permitiam avaliar e ajustar as atividades planejadas e estabelecer prazo para o término de cada atividade que seria realizada.

As reuniões iniciais tiveram como objetivo definir os requisitos do sistema e determinar como seria a forma de interação do usuário. Também foi avaliada a forma de disponibilização do sistema, uma vez que, atualmente, existem vários sistemas similares no mercado. Verificou-se, assim, que seria disponibilizado em módulos reduzidos, de diferentes configurações e custos, possibilitando ao usuário a escolha pela configuração que melhor atende as suas necessidades e capacidades de aquisição.

b) Requisitos – a definição dos requisitos do software foi realizada integralmente pelo desenvolvedor do projeto, de modo a manter total e íntegra fidelidade aos seus anseios e necessidades, visto que um dos maiores fomentadores motivacionais para a escolha do projeto fora o seu próprio lar e o desejo de implementar um sistema de automação residencial com baixo custo de implantação.

Como forma de expor a ideia geral do sistema um diagrama com a visão geral do mesmo foi definido. Esse diagrama representado por um conjunto de conceitos conectados entre si permitiu visualizar o sistema como um todo, sem preocupação em definir classes e/ou informações armazenadas.

À medida que o sistema era implementado, novas reuniões foram realizadas para verificar se os requisitos planejados estavam sendo atendidos e para esclarecer dúvidas quanto a forma de desenvolvimento da monografia e aplicabilidade do produto. Para melhor entender a forma de interação do usuário com o sistema, diferentes telas para a IHM foram criadas e discutidas com familiares e amigos através de entrevistas pessoais e discussões em redes sociais.

c) Análise – a análise consistiu na definição dos requisitos funcionais e representá-los

sob a forma de casos de uso. Esses requisitos foram complementados com aspectos de qualidade, definindo os requisitos não funcionais. Esses requisitos definiram o problema, ou seja, o que seria implementado pelo sistema.

d) Projeto – tendo como base os requisitos definidos na fase de análise foram definidos os modelos para solucionar o problema, ou seja, definir como o sistema atenderia aos requisitos (funcionalidades e requisitos não funcionais) definidos na análise.

e) Implementação – na implementação, foi realizada a codificação do sistema, o desenvolvimento dos protótipos de hardware dos acionadores e da unidade de gerenciamento. Também durante esta fase foi realizado o desenvolvimento de diferentes modelos de atuadores, como os com capacidade de controle de um único dispositivo, aos com capacidade para atuação sob até 3 dispositivos simultâneos e também, aos módulos de monitoramento de posição, somente. Testes foram realizados pelo autor deste trabalho em cada uma das situações desenvolvidas.

A codificação baseou-se na criação da IHM com componentes do Lazarus e a implementação das regras de execução dos atuadores, de modo a atender os princípios básicos de acionamento de dispositivos (camada da aplicação).

f) Testes – os testes foram informais e realizados pelo próprio desenvolvedor, o autor deste trabalho.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta o sistema de automação residencial denominado – HouseManager – que foi desenvolvido como resultado deste trabalho. Inicialmente é apresentada a descrição do mesmo. Em seguida é apresentada a sua modelagem. Por fim, o sistema é apresentado, por meio de telas e explicação do seu funcionamento e a implementação é exemplificada por meio de partes da codificação.

### 4.1 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

O sistema HouseManager foi desenvolvido como resultado da realização deste trabalho de conclusão de curso e visa oferecer um sistema de Automação Residencial com Comunicação sem Fio por módulos de Rádio Frequência de 433Mhz e com protocolo próprio de comunicação que possua baixo custo de implantação e aquisição, de modo a trazer as conveniências oferecidas pela Automação Residencial a todas as classes sociais.

Um sistema de automação residencial permite o controle de inúmeros dispositivos eletrônicos, como aparelhos de ar-condicionado e/ou sistema de monitoramento de câmeras. Em sua essência, este sistema busca o gerenciamento de dispositivos mecânicos presentes em qualquer residência e que pouco são focados, quando em se tratando do sistema de automação residencial, como por exemplo, válvulas hidráulicas de caixas d'água, acesso a chuveiros, torneiras de pias, sistemas de irrigação de jardim, disjuntores elétricos e etc.

O sistema que contém a IHM será disponibilizado através de um painel central, a ser afixado na parede em algum local estratégico da residência. Neste sistema de IHM, a tela inicial contém um menu que irá subdividir aos diferentes níveis de gerenciamento de dispositivos da residência.

A Figura 20 apresenta uma representação simples do sistema que foi desenvolvido:



Figura 20: Exemplo de Painel de Monitoramento e Dispositivos Controlados.  
Fonte: Autoria Própria.

As subdivisões são:

1. Recepção (Desenvolvimento Futuro);
2. Multimídia (Desenvolvimento Futuro);
3. Hidráulica;
4. Controle de Acessos (Desenvolvimento Futuro);
5. Agenda (Desenvolvimento Futuro);
6. Elétrica;
7. Jardim (Desenvolvimento Futuro);
8. Clima (Desenvolvimento Futuro);

Como pode ser verificado, alguns destes itens inicialmente planejados e inseridos no menu inicial, serão liberados para uso em momento futuro, pois nesta fase do projeto, buscou-se o desenvolvimento e controle dos dispositivos inicialmente previstos na análise de requisitos. Acionando as subfunções, tem-se o acesso direto ao acionamento de cada um dos dispositivos.

Os controles elétricos são subdivididos ainda em quatro outros subgrupos, sendo:

1. Acionamento de Aparelhos de Ar Condicionado;

2. Acionamento de Lâmpadas;
3. Acionamento de Tomadas;
4. Acionamento de Chuveiros.

Os controles hidráulicos também recebem uma subdivisão, sendo divididos em:

1. Controle de Fluxo Rede Externa (Sanepar);
2. Controle de Fluxo Geral Rede Interna;
3. Controles Independentes;

Este último subgrupo de controle hidráulico e flexível e pode ser parametrizado para até 768 dispositivos, visto que cada dispositivos possui um endereço de 8 bits com 3 dispositivos controlados simultaneamente (256 x 3).

O sistema desenvolvido para a IHM, prevê o acesso a cada uma das funcionalidades através de uma tela touchscreen. Por este motivo, os ícones de acesso as subfunções foram estrategicamente planejados quanto ao seu tamanho e posição.

Nesta primeira fase do projeto, toda a parametrização de endereços de dispositivos é realizada diretamente no código fonte do sistema, sendo cada ícone (dispositivo) configurado conforme a necessidade solicitada pelo usuário.

Nas próximas versões do sistema, prevê-se a utilização de um banco de dados para o arquivamento de ícones, nome de dispositivos, endereços e etc, enfim, todas as informações que permitem a correta execução do sistema quanto a sua execução e ação resultante. Além disso, será desenvolvida uma interface amigável, que permita que o próprio usuário possa realizar a aquisição de módulos atuadores e cadastrá-los no sistema conforme a sua necessidade.

Como no projeto-piloto tais informações estão contidas no código fonte, a cada nova implementação se faz necessário o intermédio do desenvolvedor, a fim de instalar, configurar e registrar corretamente no sistema, cada um dos dispositivos de controle (atuadores) instalados na residência.

O sistema HouseManager responsável por fornecer os atuadores e a IHM de gerenciamento. Os demais dispositivos mencionados, como por exemplo, válvulas hidráulicas solenoides, contadoras elétricas e demais acessórios comentados nos exemplos de aplicação, serão entregues em separado. Contudo, se prevê que o próprio desenvolvedor tenha a capacidade de fornecer tais dispositivos aos possíveis clientes.

## 4.2 MODELAGEM DO SISTEMA

Inicialmente foi definido um diagrama com a visão geral do sistema, representado na Figura 21. Esse diagrama foi definido com o objetivo de simplificar a visualização de cada etapa de operação e validação do sistema HouseManager.

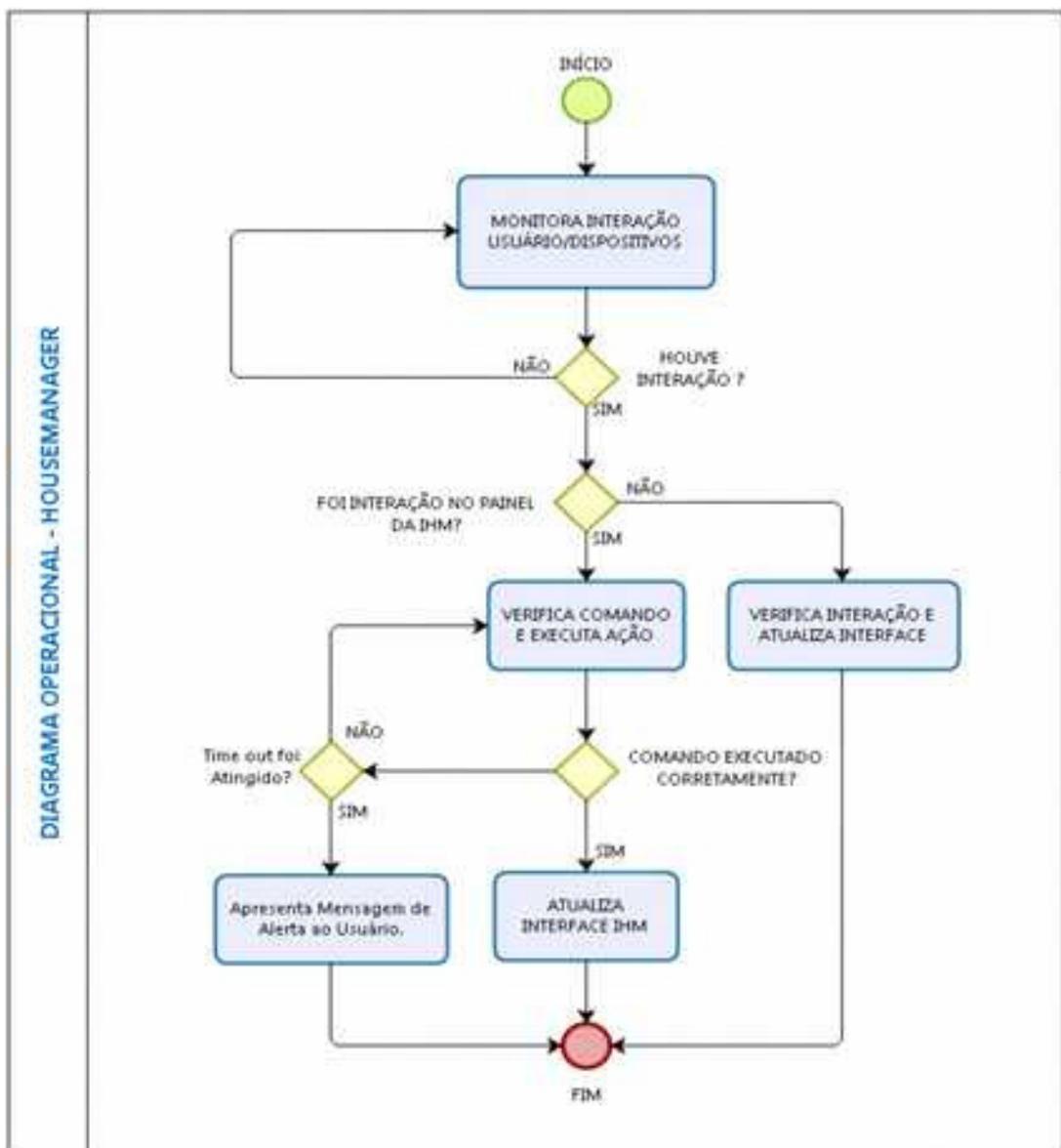


Figura 21: Diagrama de Operação HouseManager  
Fonte: Autoria Própria.

#### Requisitos funcionais:

a) Permitir o acionamento ou o desligamento de dispositivos eletrônicos por meio de módulos escravos independentes e com comunicação sem fio. Cada módulo poderá receber um endereço único e comandar até 3 dispositivos eletrônicos simultâneos.

b) Permitir o Cadastro de Endereçamento e Função de Dispositivos escravos no sistema da IHM;

c) Monitoramento de Dispositivos “escravo” de status, responsáveis por apresentar o status de uma porta, janela, sistema de alarme e etc.

d) Utilizar comunicação sem fio, do modulo Gerente aos módulos atuadores escravos;

#### Requisitos não funcionais:

a) A IHM poderá realizar o envio de informações de acionamento para um determinado dispositivo. Entretanto, por falhas técnicas este dispositivo pode acabar não sendo acionado como o comando que fora enviado. O sistema deverá validar a execução do comando enviado;

b) Definir uma forma de apresentação no sistema que permita o encerramento do envio de um comando (timeout) quando a execução não for possível;

c) Apresentar mensagem amigável ao usuário quando um comando for cancelado por timeout;

d) Definir uma ordem de subdivisão de operações, classificadas por gênero, como acionamentos elétricos, hidráulicos, de monitoramento e etc;

e) Apresentar mensagem amigável ao usuário para comandos corretamente executados nos dispositivos;

f) Definir o arquivamento em arquivo de texto do último status de cada dispositivo, de modo que o sistema possa ser corretamente reinicializado em casos de queda de energia.

g) Restringir o nível de acesso do usuário como exclusivamente operador do sistema.

### 4.3 MODELAGEM DO HARDWARE

Inicialmente foi definido um diagrama com a visão geral do hardware, representado na Figura 22. Esse diagrama foi definido com o objetivo de que a forma de operação do hardware possa ser visualizada em todo o seu processo.

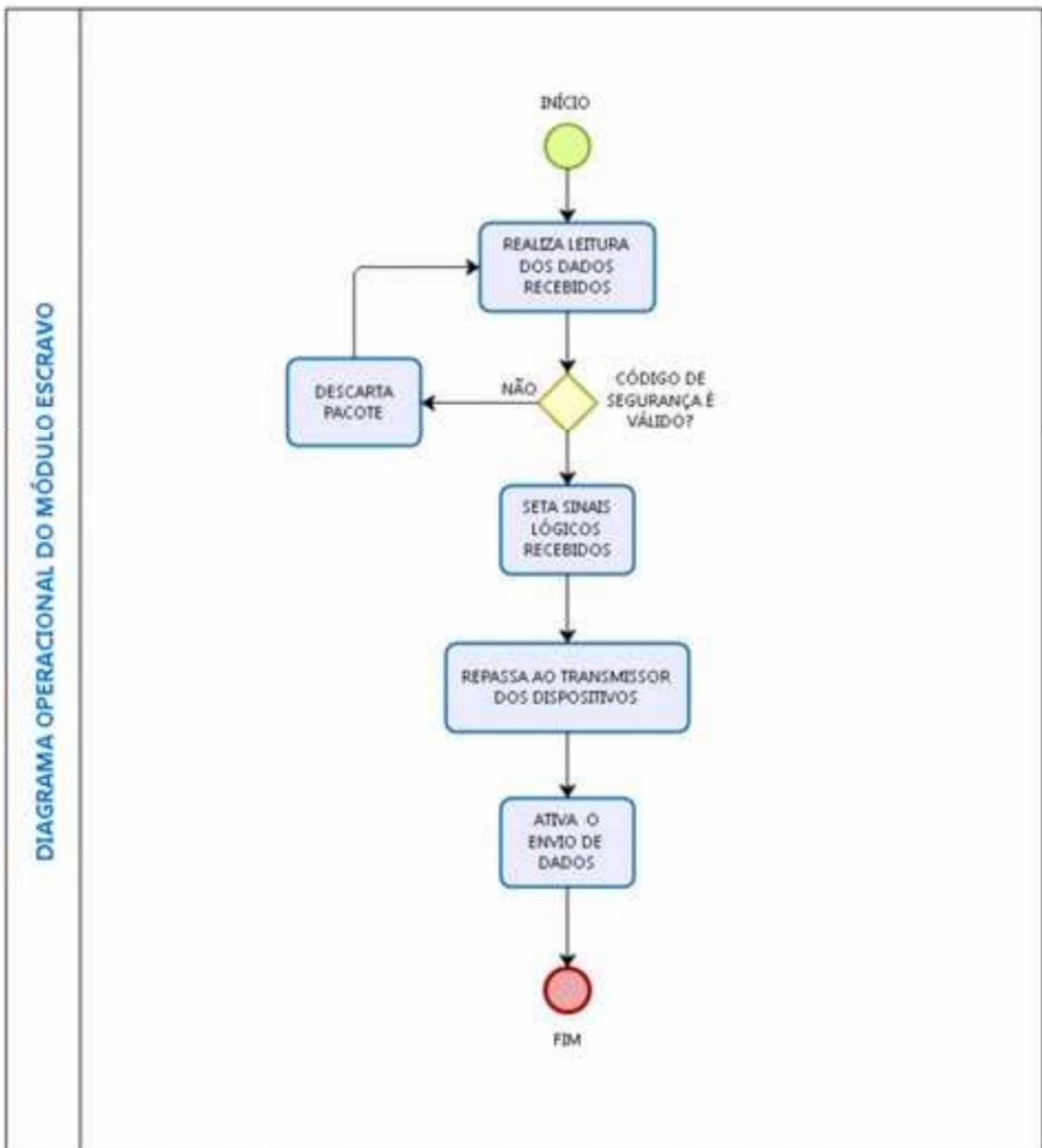


Figura 22: Diagrama Operacional do Módulo Escravo (Atuador)  
Fonte: Autoria Própria.

A Figura 23, apresenta um diagrama de estados, no qual é possível identificar os possíveis estados que um dispositivo poderá assumir mediante a IHM. Esse diagrama completo se aplica a um dispositivo I/O que recebe e emite sinais de dados.

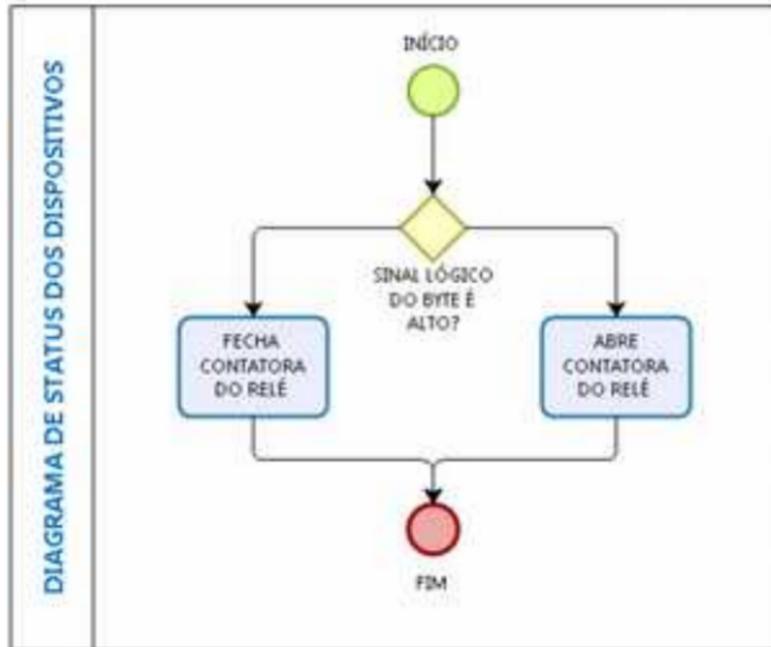


Figura 23: Diagrama de Status do Dispositivo Escravo  
Fonte: Autoria Própria

Para melhor entender a forma de transmissão dos módulos de monitoramento e de acionamento de dispositivos, a Figura 24, apresenta o protótipo de cada módulo.

As áreas circuladas na Figura 24, se referem as áreas de transmissão e recepção de dados.

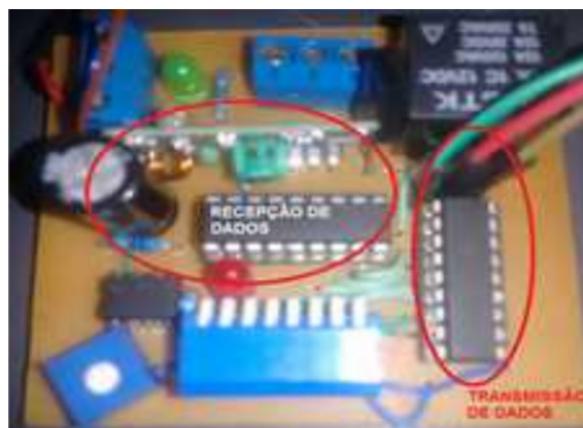


Figura 24: Protótipo Módulo Escravo para 1 Dispositivo.  
Fonte: Autoria Própria.

Cada uma das placas de circuito impresso dos hardwares dos módulos de gerenciamento e dos módulos de acionamento de dispositivos (escravo) foi previamente planejada e modelada com a ajuda do sistema ExpressPCB. Este foi o sistema utilizado para confecção das Placas de Circuito Impresso devido ao fato de ser de fácil uso, gratuito e com recursos suficientes para o atendimento das necessidades do projeto.

As Figuras 25, 26 e 27, apresentam o PCB de cada um dos protótipos desenvolvidos no projeto:

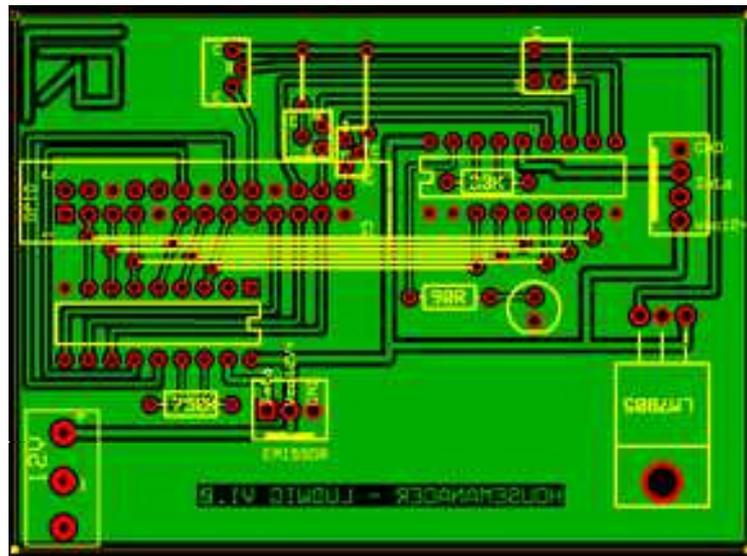


Figura 25: PCB - Módulo de Gerenciamento de Transmissão e Recebimento de Comandos  
Fonte: Autoria Própria.

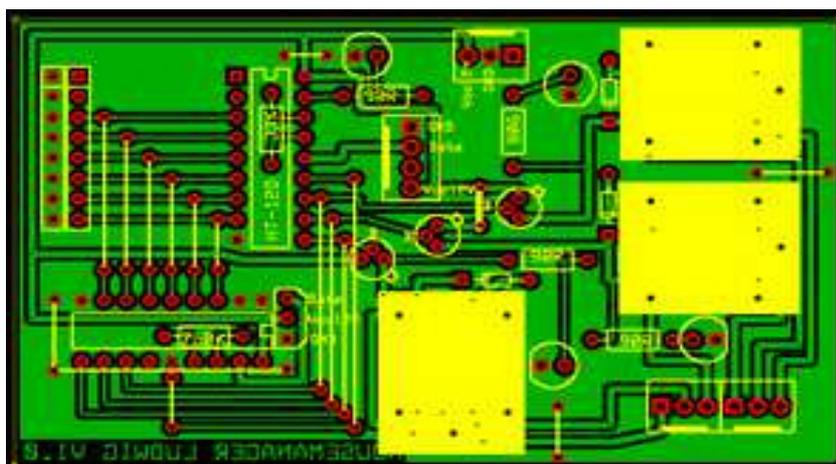


Figura 26: PCB - Escravo para 3 dispositivos simultâneos  
Fonte: Autoria Própria.

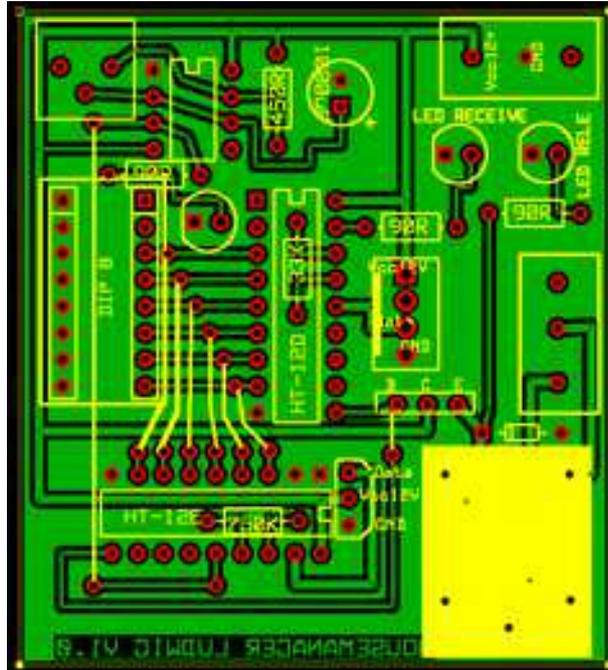


Figura 27: PCB – Escravo para 1 dispositivo  
Fonte: Autoria Própria.

#### 4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A seguir são apresentadas as principais telas do sistema, sendo a de gerenciamento de dispositivos elétricos, submenu de dispositivos elétricos, manutenção de estado de tomadas e a de gerenciamento de dispositivos hidráulicos, visando exemplificar a forma de interação com o sistema e as principais funcionalidades implementadas.

A Figura 28, apresenta a tela do menu inicial da IHM, onde o usuário poderá acessar cada uma das subdivisões de gerenciamento de dispositivos atuadores.



Figura 28: Menu Inicial Sistema HouseManager  
Fonte: Autoria Própria

Conforme comentado anteriormente, o sistema foi planejado para ser operado através de uma tela touchscreen. Dessa forma, tocando sobre o ícone “Eletricidade” o usuário terá acesso à rotina de gerenciamento de dispositivos de energia, que, conforme vimos no item 4.1, está dividida em quatro áreas de atuação:

- Acionamento de Aparelhos de Ar Condicionado;
- Acionamento de Lâmpadas;
- Acionamento de Tomadas;
- Acionamento de Chuveiros.

A Figura 29, apresenta a tela de submenu da rotina de gerenciamento de dispositivos elétricos:

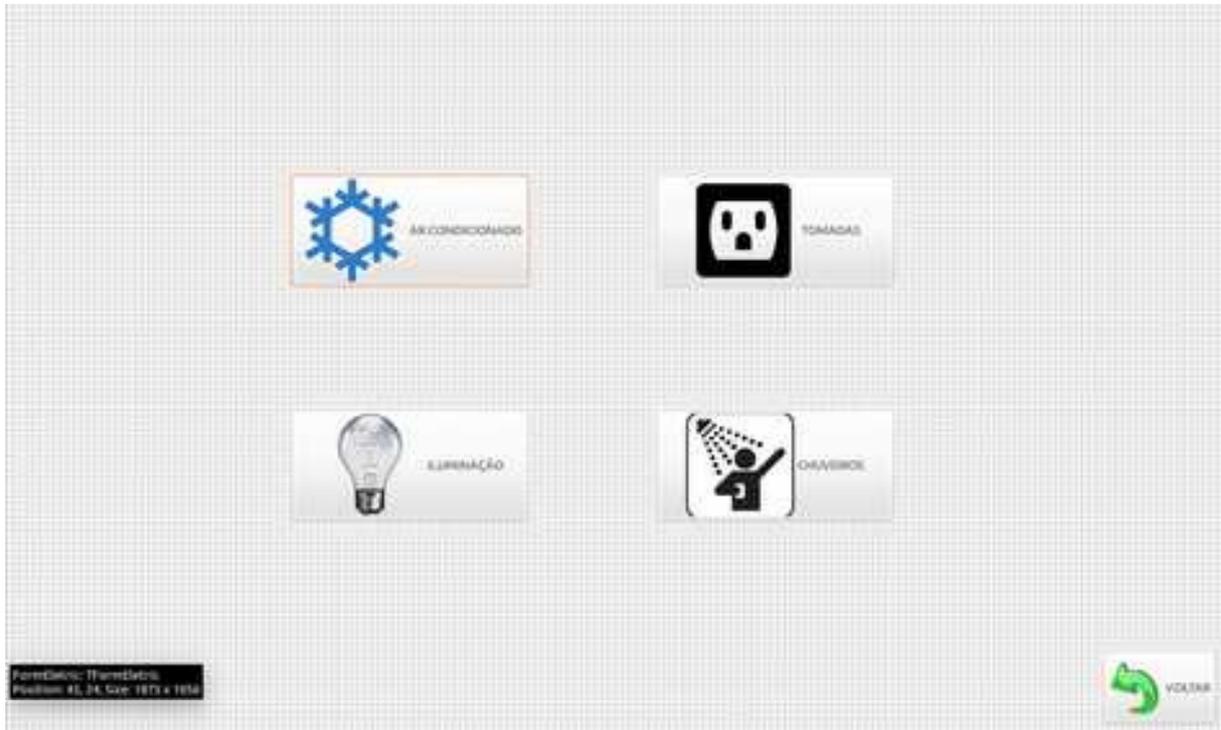


Figura 29: Submenu de Gerenciamento de Dispositivos Elétricos  
Fonte: Autoria Própria.

Nestas subdivisões, o usuário poderá acessar a área a qual deseja controle e ligar ou desligar o dispositivo desejado.

A Figura 30, demonstra o acesso à funcionalidade de gerenciamento de “Tomadas” e a verificação do status de cada um dos dispositivos controlados.



Figura 30: Gerenciamento de Status de Tomadas.

Fonte: Autoria Própria.

É possível verificar na Figura 30, que cada ícone, que representa uma das tomadas presentes no circuito elétrico e sob controle do sistema HouseManager, sofre alteração conforme a situação em que se encontra o acionador controlado, sendo que quando ligado, ou seja, quando o acionador do dispositivo de controle está ativo e permite que ocorra o fluxo de corrente pela tomada, seu status é “LIGADO!”. Todavia, quando o relé presente no módulo escravo está aberto (NA), não permitindo o fluxo de corrente pelo circuito, seu status será “DESLIGADO!”.

Por fim, a Figura 31 apresenta a tela de gerenciamento de dispositivos hidráulicos. Para controle de tais dispositivos, prevê-se o uso de válvulas solenoides, acionadas eletronicamente. Tais válvulas possuem dois estados de operação, sendo aberto (bobina da solenoide acionada – existe fluxo de corrente) e fechado (bobina da solenoide aberta – sem fluxo de corrente), similar ao funcionamento de uma bobina de relé, vista no item 3.1.9.

Um módulo escravo será ligado diretamente ao controle elétrico da solenoide, permitindo assim, o controle de fluxo de água em cada um dos equipamentos hidráulicos controlados.



Figura 31: Menu de Gerenciamento de Dispositivos Hidráulicos  
Fonte: Autoria Própria.

#### 4.5 IMPLEMENTAÇÃO DA IHM

Nesta seção é apresentada a implementação do sistema HouseManager, mostrando e explorando os principais trechos de código utilizados no desenvolvimento da IHM. O sistema foi construído utilizando as tecnologias Lazarus e a biblioteca WiringPi, desenvolvida pela Gordon Projects.

As funcionalidades que permitem a alteração do nível lógico dos pinos GPIO do Raspberry Pi, bem como a leitura de seu status, foram desenvolvidas através da programação de Shell Script diretamente no Linux, utilizando as funcionalidades disponibilizadas pela biblioteca WiringPi.

Dois Shell Scripts foram desenvolvidos com funcionalidades específicas, sendo:

- 1 . Setar o endereço (segredo) do dispositivo que receberá o comando da IHM;
- 2 . Indicar sinais lógicos alto/baixo (high/low), nos dispositivos controlados e ativar o envio dos dados;

A forma de implementação do Shell Script para definição de um dos endereços utilizados no trabalho pode ser observada na Figura 32.

```

ricardo@rkellinux: -
GNU nano 2.2.6      Arquivo: 00000000.sh      Modificado
#!/bin/bash
sudo gpio mode 8 out
sudo gpio write 8 0
sudo gpio mode 9 out
sudo gpio write 9 0
sudo gpio mode 7 out
sudo gpio write 7 0
sudo gpio mode 0 out
sudo gpio write 0 0
sudo gpio mode 2 out
sudo gpio write 2 0
sudo gpio mode 3 out
sudo gpio write 3 0

```

Figura 32: Shell Script de Definição de Endereço Dispositivo  
 Fonte: Autoria Própria.

Observando a Figura 32 é possível encontrar a execução de dois comandos de operação fornecidos pela biblioteca WiringPi, sendo os comandos “mode” e “write”. Através do comando “mode” é possível definir o modo de operação do pino da porta GPIO, ou seja, se estará em modo de leitura (in) ou modo de escrita (out). Por sua vez o comando “write” permite definir o nível lógico em que o pino da porta GPIO irá estar após a execução do comando, podendo este ser baixo (0) ou alto (1). Cabe ressaltar que quando em estado baixo, o pino possui uma tensão de 0V e quando em sinal alto, o pino possui tensão de 3.3V.

A execução do shell scrip apresentado na Figura 32 coloca os pinos 8, 9, 7, 0, 2 e 3 do Raspberry Pi em modo de escrita e com sinal baixo. Ou seja, 0V, proporcionando a definição do endereço lógico binário de 6 bits 000000.

De maneira similar, a Figura 33 nos apresenta o Shell Script para a definição do bit de dados a ser enviado. Cabe ressaltar que os módulos escravos permitem o controle simultâneo de até três dispositivos. Este valor é limitado em três dispositivos por que um dos quatro bits de dados, possíveis de controle nos CI's HT-12E e HT-12D foi reservado para o retorno do monitoramento e controle das transmissões, de forma similar ao conjunto de variáveis utilizadas para a monitoração e o controle de redes TCP/IP (RFC-1213), visto que, conforme veremos no item 4.6, no módulo escravo o gerenciamento da recepção e envio de confirmação

de recebimento de dados é tratada totalmente pelo hardware, não contendo processamento de informações microcontroladas.



```

ricardo@rikellinux: -
GNU nano 2.2.6 Arquivo: ATIVAR.sh
#! /bin/bash
sudo gpio mode 12 out
sudo gpio write 12 1
sudo gpio mode 13 out
sudo gpio write 13 1
sleep 2
sudo gpio write 13 0
^G Obter Ajuda ^O Gravar ^R Ler o Arq ^Y Pág Anter ^K Recort Txt ^C Pos Atual
^X Sair ^J Justificar ^W Onde está? ^V Próx Pág ^U Colar Txt ^T Para Spell

```

Figura 33: Define Sinal do Bit e Ativa Envio dos Dados  
Fonte: Autoria Própria.

As implementações efetuadas no Lazarus, por sua vez, são bastante similares, independente da finalidade a que se destinem. Como foi discutido ao longo deste trabalho, seja qual for o tipo de dispositivo elétrico a ser controlado, ou seja, solenoides, disjuntores, fechaduras eletrônicas e etc, estes, sempre seguirão a lógica de haver ou não haver fluxo de corrente em seu circuito para o funcionamento deste.

Logo, o código implementado para o controle de tomadas, será o mesmo aplicado para o gerenciamento de lâmpadas ou para o gerenciamento de dispositivos hidráulicos atuados por um solenoide.

A Figura 34 apresenta a parte do código destinado a leitura do status de um dispositivo antes do acionamento de comando para alteração de seu status atual. Todo e qualquer acionamento deve ser precedido deste comando a fim de que se possa garantir a que a ação solicitada na IHM será compatível com o novo status do dispositivo.

```

procedure TFormLuzes.BitBtnLuzCoxClick(Sender: TObject);
var
  dispositivo, OK, timeout: integer;
begin
  timeout := 0;
  try
    cmd:= TProcess.Create(Self);
    Leitura := TStringList.Create;
    cmd.CommandLine := 'sudo gpio mode 14 in'; //define status do PINO 14 como leitura
    cmd.Options := [poUsePipes];
    cmd.Execute;
    cmd.CommandLine := 'sudo gpio read 14'; //captura nivel lógico do pino 14
    cmd.Options := [poUsePipes];
    cmd.Execute;
    Leitura.LoadFromStream(cmd.Output);
    EditLuzCox.Text:= Leitura.Strings[0] +
    statluzcox := strtoint(EditLuzCox.Text);
  finally
    Leitura.Free;
    cmd.Free;
  end;
end;

```

Figura 34: Código para Leitura de Status do Dispositivo Escravo  
 Fonte: Autoria Própria.

Assim como demonstrado no Shell Script, nos códigos em Lazarus também são utilizados comandos da biblioteca WiringPi. Entretanto, visto que esta biblioteca foi compilada originalmente para linguagem de programação C, optou-se por utilizar um Tprocess para acesso direto ao Shell.

Na Figura 34, observa-se novamente o uso do comando “mode”, porém, desta vez, associado ao modo in (leitura). Além disso, no segundo trecho, constata-se o uso do comando “read”. Quando o pino GPIO se encontra em modo de leitura, este comando permite que se obtenha o nível lógico em que o pino consultado se encontra. Logo, se uma tensão de 3.3V for aplicada no pino consultado, este comando retornará valor igual a 1 (nível lógico alto). Quando a tensão aplicada no pino for de 0V, o comando retornará valor igual a 0 (nível lógico baixo). A definição da tensão a ser aplicada sobre o pino é gerada a partir do dado recebido do dispositivo que contém o endereço selecionado para leitura. O bit de dado que contém o status do dispositivo é alterado conforme a condição do relé do módulo escravo, que quando fechado, fornecerá tensão e o bit será considerado alto e quando aberto, terá tensão de 0V e será considerado aberto. Este processo será melhor exemplificado na Seção 4.6.

Tendo-se efetuado a leitura do status atual do dispositivo, pode-se definir qual será o comando a ser neste aplicado, se de acioná-lo ou de desabilitá-lo. O Lazarus efetua tais comandos pela execução do Shell Script demonstrado na Figura 33, sendo que o pino 12 tem a função de indicar qual será o novo status do bit no módulo escravo e o pino 13 tem função de ativar ou desativar o gatilho de transmissão (TE) do CI HT-12E, conforme fora descrito no item 3.1.6. Através do comando “sleep”, mantêm-se o gatilho (TE) ativado por 2 segundos,

que em testes, demonstrou ser tempo hábil suficiente para a transmissão do dado. A Figura 35 apresenta o trecho do código onde este Shell Script é executado, devendo o leitor considerar o mesmo código para o comando de desativação do bit, porém, através de outro Shell Script.

```

try
  cmd:= TProcess.Create(Self);
  cmd.CommandLine := '/home/pi/ativa.sh'; // executa shell script de envio
  cmd.Execute; // de sinal alto ao dispositivo.
finally
  cmd.Free;
end;

```

Figura 35: Shell Script para Ativação do Bit de dados no módulo escravo  
Fonte: Autoria Própria

O comando exemplificado na Figura 36 será executado em um loop que conterà não somente este, mas também o código visto na Figura 33, responsável pela leitura do status do dispositivo, de maneira que possa ser enviado até que o novo status recebido seja coerente com a ação executada pela IHM.

Como a comunicação sem fio é suscetível a interferências que em alguns momentos provocarão falhas na comunicação, a fim de evitar que o sistema caia em um loop infinito com conseqüente travamento do sistema HouseManager, foi adicionado ao código um tratamento de timeout, de modo que a cada dez execuções sucessivas sem confirmação de recebimento, o sistema aborte o processo e solicite ao usuário que refaça o comando desejado.

Este tratamento é demonstrado na Figura 36.

```

if (timeout = 10) then
begin
  OK := 0;
  ShowMessage('Falha na Comunicação! Tente Novamente')
end;

```

Figura 36: Tratamento de timeout no acionamento de dispositivos  
Fonte: Autoria Própria.

#### 4.6 IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE

Nesta seção é apresentada a implementação do hardware contido nos módulos escravo e IHM do sistema HouseManager, mostrando e explorando as principais integrações lógicas entre os componentes eletrônicos discutidos ao longo do trabalho.

Como comentado em itens anteriores, todo o tratamento dos dados recebidos e dos dados retornados como confirmação de recebimento, ou, transmissão de aceite dos comandos recebidos foi implementada em nível de hardware, somente, não existindo nenhum controle microprocessado sobre o status de cada um dos dispositivos.

A inclusão desta lógica e que aqui, o autor define como protocolo de comunicação, se obteve pela combinação dos módulos de rádio frequência (emissor/receptor), dos CI's de criptografia de dados (encoder/decoder) e de temporizadores, conforme será descrito a seguir.

A Figura 37, apresenta os esquemas elétricos de ligação do encoder (HT-12E) e do decoder (HT-12D) aos módulos RF de transmissão e de recepção de dados no módulo escravo, respectivamente.

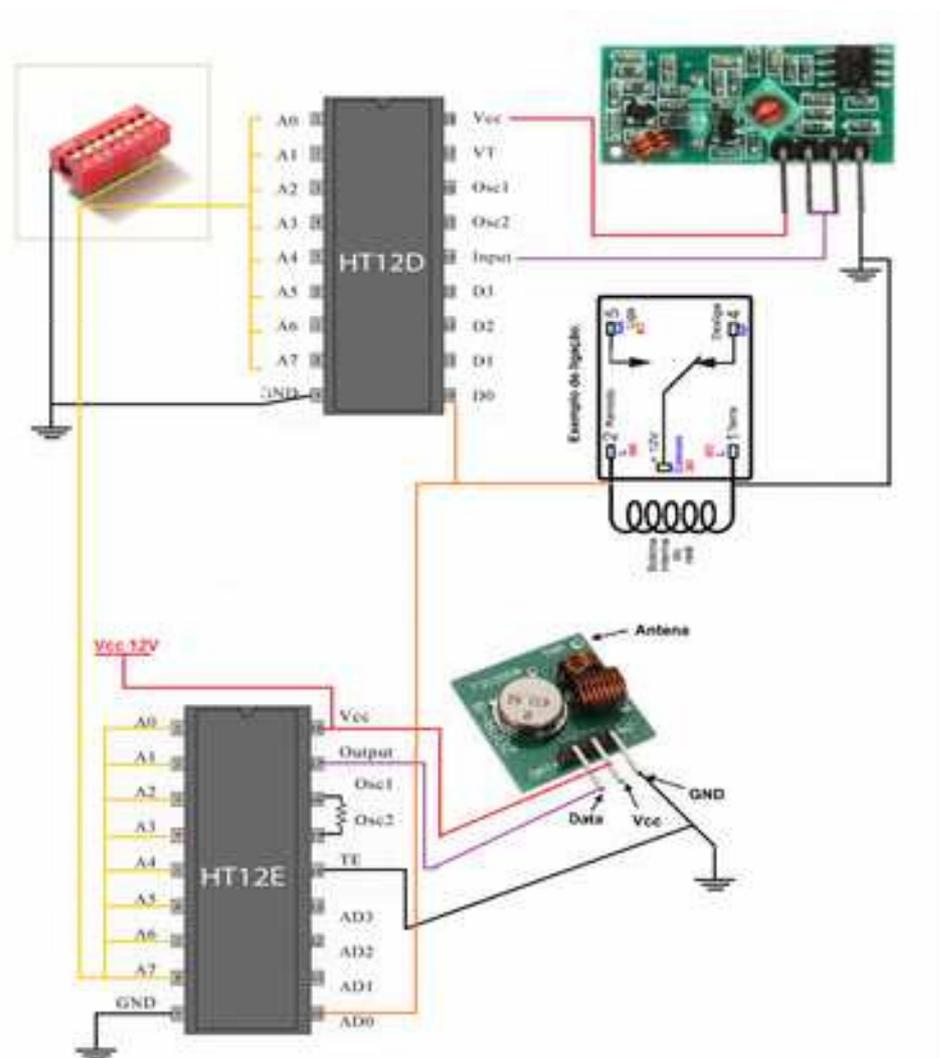


Figura 37: Esquema de Ligação Elétrica do Decoder/Encoder no módulo Escravo.  
Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 37 pode-se observar que o processo de ligação do encoder e do decoder aos módulos de RF, permitindo a criação de um protocolo de comunicação foi relativamente simples, cabendo ao restante do circuito as funcionalidades de gerenciar o tempo de intervalo de transmissão e recebimento das informações.

Como visto no item 3.1.6, o CI HT-12E (emissor), organiza os bits em ordem sequencial de D11 para A0, compondo um pacote de 12 bits (8 de Endereço e 4 de dados).

O CI HT-12E pode combinar até 256 endereços no modo binário (0, 1), usando os pinos (A0,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7). Neste trabalho, 6 bits são controlados em nível de código da IHM e da DIPSWITCH no hardware, sendo que outros 2, adicionais, são controlados no próprio hardware do dispositivo escravo/servidor e que não terão seus valores revelados neste trabalho. Estes 2 bits são combinados com ações do hardware para que não seja pura e simplesmente uma combinação de 4 posições. Esta ação foi realizada para que se mantenha a segurança quanto a criptografia dos dados transmitidos.

A Figura 38 simula a forma como os dados são empacotados e transmitidos pelo hardware.

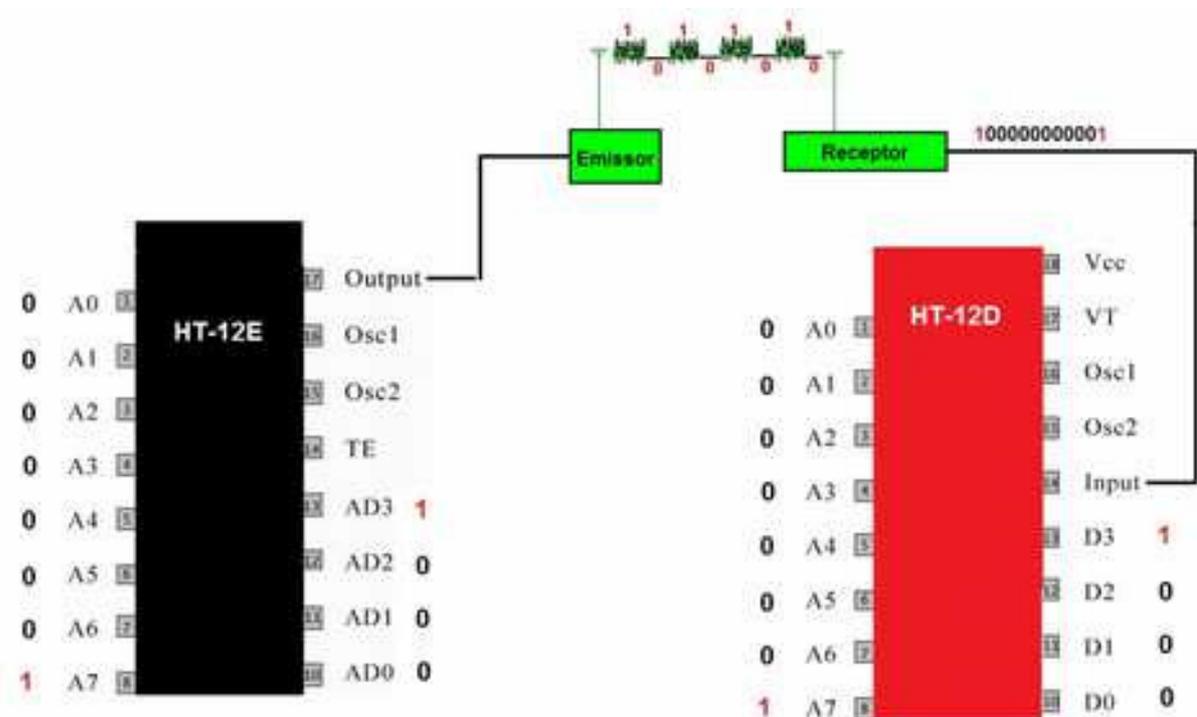


Figura 38: Empacotamento e Transmissão dos Dados  
Fonte: Autoria Própria.

Assim como no módulo escravo, um hardware com um conjunto composto por emissor e receptor também se faz presente na IHM. Entretanto, este conjunto não está

combinado como no módulo escravo. Na IHM, os módulos receptor e emissor são vinculados de forma independente aos pinos da porta GPIO do Raspberry Pi, sendo executados em momentos distintos e específicos, conforme cada solicitação realizada pelo usuário.

A Figura 39 apresenta o esquema elétrico de ligação do módulo emissor ao Raspberry Pi.

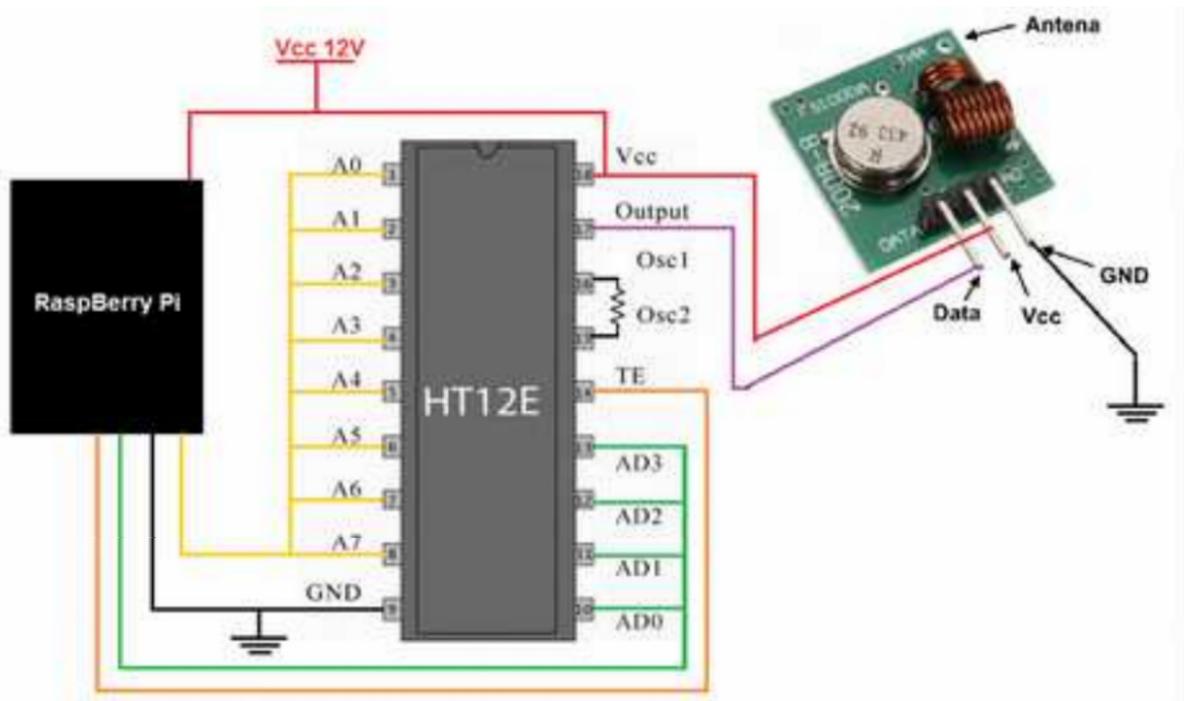


Figura 39: Esquema de ligação do Módulo Emissor ao Raspberry Pi.  
Fonte: Autoria Própria.

Pode-se observar na Figura 39, que o gatilho do emissor (TE), responsável pelo início da transmissão de dados é ligado diretamente na IHM, diferente do que ocorre no módulo escravo que possui o disparo do gatilho em intervalos configuráveis, definidos no atuador através do uso do CI 555, discutido no item 3.1.7.

De forma similar, o módulo receptor também é ligado diretamente aos pinos da porta GPIO do Raspberry Pi.

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos pretendidos com esse trabalho foram alcançados. Uma comunicação sem fio de baixo custo para sistemas de Automação Residencial denominado HouseManager, foi desenvolvido e implementado.

Com o desenvolvimento deste trabalho percebeu-se que o uso das técnicas e conceitos repassados ao longo do curso de Especialização de Redes de Computadores foi de grande valia. Principalmente, no que se refere ao conceitual dos protocolos TCP e UDP e principalmente, do modelo OSI (do inglês: Open Systems Interconnection – OSI), mesmo que tais protocolos, não tenham sido aplicados no desenvolvimento dos módulos de comunicação sem fio, que possuem um protocolo próprio de comunicação.

No que se refere aos protocolos TCP e UDP (RFC-793 e RFC-768), o conhecimento conceitual sobre os dois protocolos da camada de transporte permitiu ao autor, definir a forma como seu protocolo de comunicação seria implementado. Se este seria por uma comunicação simples e não confiável, ou seria desenvolvida alguma técnica de comunicação confiável que permitisse o recebimento de notificações referente a chegada e, conseqüentemente a confirmação da boa recepção dos dados.

No que se refere ao conceitual da camada OSI (ISO 7498), conhecer cada uma das sete camadas que este modelo possui permitiu ao autor aplicar tais técnicas no desenvolvimento da IHM, bem como, no desenvolvimento dos hardwares da IHM e dos módulos escravos (atuadores), visto que no software da IHM, desenvolvido na linguagem Lazarus com o auxílio da biblioteca WiringPi, foram aplicados vários conceitos existentes em tal modelo e que permitem a comunicação entre suas camadas. Por sua vez, os hardwares seguiram vários dos princípios existentes nas camadas 1 e 2, como o empacotamento de dados, endereços MAC (Media Access Control) e que, em especial, define a relação entre um dispositivo e um meio de transmissão.

A de se ressaltar ao fim deste trabalho que o conhecimento técnico adquirido no curso sobre a camada 1 do modelo OSI foi o que prestou maior contribuição do desenvolvimento do sistema de comunicação sem fio. Isso por que, a camada 1 implica no conceito de layout de pinos, tensões, impedância da linha, especificações do meio de transmissão, temporização, repetidores, adaptadores de rede e principalmente, definir se a transmissão poder ser ou não realizada nos dois sentidos simultaneamente. Esta camada do modelo OSI, também diz respeito a transmissão e recepção do fluxo de bits brutos não-estruturados em um meio físico e o transporte de seus sinais para todas as camadas superiores.

Alguns problemas foram encontrados no uso das tecnologias escolhidas para o desenvolvimento da IHM, em especial, no uso do Lazarus. Em um primeiro momento, a versão do Linux escolhida para uso no Raspberry foi a UBUNTU MATE, disponibilizada no site do fabricante. Esta versão de sistema operacional ocasionou certa incompatibilidade com o compilador em processador ARM (ARM HOLDINGS, 1983). Dessa forma, esta versão de S.O. foi substituída pela Linux Debian RASPBIAN, que conforme apresenta o site do desenvolvedor, é voltada para uso educacional, que permite o uso de vários compiladores como Python, Java e etc, e a utilização de operadores matemáticos. Após a substituição do S.O. do Raspberry Pi esta dificuldade foi solucionada.

Outro complicador obtido no uso desta linguagem e talvez este, pelo restrito conhecimento do autor na linguagem, foi quanto ao acesso direto pelo Lazarus, dos pinos da porta GPIO do Raspberry Pi. Como o acesso a tais pinos é feito pela biblioteca WiringPi e esta, está compilada para linguagem C, o autor não conseguiu invocá-la no Lazarus e nem mesmo, recompilá-la para uso nesta linguagem. Através de pesquisas em sites e fóruns da Web, foi possível adquirir o conhecimento necessário para o uso de um Tprocess que permite a execução dos comandos disponibilizados pela biblioteca diretamente no Shell do Linux. Com o uso deste procedimento esta dificuldade também foi vencida.

No demais, não foram encontrados problemas ou dificuldades críticas com o uso das tecnologias relacionadas a módulos de comunicação de rádio frequência bem como os circuitos integrados utilizados em cada protótipo. A relativa experiência do autor deste trabalho, obtido ao longo de sua carreira acadêmica em Formação Superior em Automação de Processos Industriais pela UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná e, principalmente, através de dos conhecimentos adquiridos no Curso de Especialização em Redes de Computadores por esta mesma universidade, auxiliou que o desenvolvimento ocorresse com certa fluência.

O sistema que foi implementado será instalado na residência do próprio autor em um painel central fixado na parede. As demais funcionalidades definidas no menu principal da IHM deverão ser desenvolvidas, cabendo para isso, somente, o tempo necessário para o desenvolvimento do hardware de sensoriamento e a atribuição dos módulos de comunicação sem fio a estes. Nestes desenvolvimentos estão previstos o controle de umidade do gramado do jardim, o acionamento de aspersores para a irrigação do gramado, o controle da iluminação do jardim, o sensoriamento climático, como temperatura ambiente, índice de umidade do ar, velocidade do vento, volume pluviométrico e etc.

Também se pretende realizar o aperfeiçoamento dos protótipos desenvolvidos e

melhorias absorvidas na contribuição de possíveis novos usuários efetivos onde tais necessidades de melhoria poderão ser identificadas. Contudo, de uma análise do ponto de vista dos requisitos definidos, o sistema em sua versão atual atende aos objetivos previamente estabelecidos.

A Figura 40 apresenta o módulo atuador (escravo) vinculado a uma válvula solenoide responsável pelo controle do fluxo de água de alguma área estratégica da residência.



Figura 40: Módulo Escravo Ligado a Solenoide  
Fonte: Autoria Própria.

A Figura 41 apresenta o RaspBerry já ligado ao módulo gerente, responsável por emitir e receber sinais de comandos e repassá-los ao RaspBerri Pi.



Figura 41: Raspberry Pi e Módulo Gerente  
Fonte: Autoria Própria.

A Figura 42 apresenta novamente o módulo atuado, todavia agora diretamente no hardware, sem o encapsulamento de proteção.



Figura 42: Hardware do Módulo Atuador (Escravo)  
Fonte: Autoria Própria.

## 5.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Não foram grandes as dificuldades encontradas para o desenvolvimento deste trabalho. Entretanto, as existentes, foram bem significativas para o projeto e para o conhecimento do desenvolvedor.

### 5.1.1 Interferências por Sinais Simultâneos

Não contavam com a minha astúcia? Essa é a primeira frase que nos vem a cabeça quando menciona-se o nome “Chapolim” não é mesmo? Entretanto, não exatamente é este o “Chapolim” desta história.

A primeira dificuldade encontrada, foi referente ao conflito existente em comunicações simultâneas de dois dispositivos escravos para com a central. Durante testes realizados na primeira versão do protótipo desenvolvido para o módulo escravo, verificou-se que este, não conseguia emitir o sinal de retorno, enquanto a central emitia o comando de envio do sinal.

O desenvolvedor já possuía conhecimento de que ondas de rádio de mesma frequência emitidas simultaneamente geram conflito e bloqueio de sinal uma da outra. Inclusive esta, é uma técnica utilizada por pessoas de má índole para o bloqueio de sinal de controles de alarme automotivo, que se utilizam também de sinais de RF de 355Mhz ou 433Mhz. Na gíria popular, esta técnica recebe o nome de “Chapolin” e foi muito noticiada nos meios de comunicação logo de sua descoberta, conforme reportagem publicada pelo programa Fantástico da Rede Globo de Televisão, em 06 de abril de 2014:

“O Fantástico traz um alerta: tem golpe novo na praça. Quantas vezes você já não estacionou seu carro, trancou e achou que estava tudo certo, tudo seguro? Mas não estava. Bandidos descobriram como bloquear o sinal do alarme e roubar o seu carro. Mas a gente ensina você a se proteger...”

“...Porto Alegre, quarta-feira (2): dois homens são presos por suspeita de furto. Com eles, a polícia encontra um aparelhinho - um tipo de controle remoto conhecido entre os criminosos

apenas como "Chapolin". Mas por que os bandidos estão usando cada vez mais essa tecnologia?..."

"...Segundo os peritos do Instituto de Criminalística do Rio Grande do Sul, o equipamento consegue embaralhar os sinais eletromagnéticos enviados quando tentamos trancar o carro. Outros controles parecidos conseguem até mesmo copiar o código de segurança da chave..."

O fato do autor do trabalho possuir o conhecimento sobre tal ação e tecnologia o possibilitou a logo "desconfiar" de que seu protótipo estava sobre a influência do mesmo tipo de interferência eletromagnética causada pelo "Chapolin", que nada mais é do que a emissão de um sinal de mesma característica de forma simultânea.

Para solucionar esta dificuldade, o desenvolvedor criou em seu hardware um temporizador que determina após quanto tempo do recebimento do sinal da central, o módulo escravo deverá retornar o sinal de confirmação.

Cada um dos módulos escravo distribuídos na residência recebe uma chave que permite configurar diferentes tempos de resposta, de modo que um não venha a causar interferência sobre o sinal do outro. Este sistema permite configurar pulsos de aproximadamente 1 segundo a 2 minutos e ainda, receber escalas de tempo maiores, como pulsos a cada 1 hora, dependendo das características dos componentes utilizados.

Este temporizador tem como base o CI 555, discutido no item 3.1.7 deste trabalho.

### 5.1.2 A Amplitude da Onda

Quando se busca referenciais teóricos sobre determinados assuntos e tecnologias são obtidos resultados de sucesso na aplicabilidade das tecnologias pesquisadas, de modo que as dificuldades acabam que por ocultas nas entrelinhas.

Estas situações colocam os desenvolvedores em casos próprios de novas experiências e experimentações de gostos e desgostos sobre o desenvolvimento.

Como discutido em seções anteriores, os módulos de Rádio Frequência utilizados neste trabalho possuem comunicação em Amplitude Modulada, ou como é comumente conhecida, Ondas AM.

Já era de domínio do autor que a tensão de saída do radiotransmissor tem uma variação que oscila para cima e para baixo de seu valor nominal (tensão aplicada) de acordo com a frequência de seu cristal oscilador (clock). Todavia, ele não esperava que uma pequena variação na tensão pudesse causar tamanho impacto na demodulação da onda modulada por seus dispositivos.

Este efeito causou extrema dificuldade ao desenvolvedor em conseguir a comunicação entre os dispositivos mesmo em distâncias pequenas, como por exemplo, dois metros de distância.

Em resumo, é como se o autor estivesse com um Rádio AM mau sintonizado. Dessa forma seus dispositivos recebiam um sinal com “chiado” e não conseguiam interpretar o sinal recebido.

Depois de finalmente entender a causa do problema, o desenvolvedor instalou em seus hardwares reguladores de tensão, que permitem que ambos os dispositivos, escravo e servidor, trabalhem na mesma faixa de tensão (5 Volts) criando, conseqüentemente, a mesma Modulação de Sinal.

Esta técnica permitiu que a comunicação entre os dispositivos com barreiras (paredes da residência) em distância de até 40 metros de raios.

Estes testes se limitaram ao perímetro do lote da residência do desenvolvedor, tendo a comunicação alcançada em todas as extremidades de sua propriedade.

O componente utilizado para regular a faixa de tensão foi o LM 7805, conforme verificado no item 3.1.8 deste trabalho.

## 5.2 IMPLEMENTAÇÕES FUTURAS

Apesar de já atender as necessidades a que se propunha, o autor pretende no futuro, implementar novas melhorias ao seu projeto inicial.

Uma destas melhorias, é o desenvolvimento de uma aplicação mobile com funcionalidade similar ao painel da IHM, de modo que o usuário possa utilizar-se das mesmas funcionalidades já existentes, acionadas diretamente em seu telefone celular, por exemplo.

Outra melhoria se reflete em desenvolver módulos escravos específicos para o sensoriamento, de maneira que não trabalhem como atuadores, mas sim, com finalidade de retornar somente o status de um dispositivo. Por exemplo, o status de uma porta ou janela da

residência, a umidade do gramado, o índice pluviométrico, o consumo de água da residência, o consumo energético e etc.

Outras melhorias previstas, são quando a utilização de novos hardwares como plataforma do sistema operacional. Por exemplo, novas versões do Raspberry Pi ou de similares, com mesmas características, porém, com maior capacidade de processamento e de memória física.

Ainda espera-se também, no futuro, evoluir o desenvolvimento do sistema para aplicações Web permitindo o controle do HouseManager pelo mundo a fora.

## REFERÊNCIAS

CASAABRIL. Automação Residencial. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/automacao-residencial-sem-fio-e-barata>>. Acesso em: 02 Jul. 2015.

MOZER, M. The adaptive house. In: Intelligent Building Environments, 2005. The IEE Seminar on (Ref. No. 2005/11059). [S.l.: s.n.], 2005. p. 39-79. ISSN 0537-9989.

FIBARO. O Sistema Fibaro Hoje. Disponível em: <<http://www.fibaro.com/br/fibaro>>. Acesso em: 03 Ago. 2015.

IHOUSE. Automação Residencial sem infra ou obras. Disponível em: <<http://www.ihouse.com.br>>. Acesso em: 16 Ago. 2015.

SIMPLIFIES. Visão Geral do Sistema. Disponível em: <<http://www.simplifies.com.br>>. Acesso em: 25 Ago. 2015.

SHULTZAUTOMAÇÃO. Automação Residencial. Disponível em: <<http://www.schutzautomacao.com.br>>. Acesso em: 25 Ago. 2015.

ILUFLEX. Automação sem Fio. Disponível em: <<http://www.iluflex.com.br/>>. Acesso em: 30 Ago. 2015.

AUTOPROJECTS. Conforto e Comodidades Elevado a um novo Patamar. Disponível em: <<http://www.autoprojects.com.br>>. Acesso em: 02 Set. 2015.

GAZETA DO POVO. Automação residencial está mais acessível. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/imoveis/automacao-residencial-esta-mais-acessivel-351rpeedgi5win9vowjei826>>. Acesso em: 17 Set. 2015.

TELECO. ZigBee. O que é?. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialzigbee/pagina\\_1.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialzigbee/pagina_1.asp)>. Acesso em: 08 Set. 2015.

SARMENTO. O que é modulação e que modos são utilizados. Disponível em: <<http://www.sarmento.eng.br/Modulacao.htm>>. Acesso em: 20 Set. 2015.

FILIFELOP. Comunicação RF com Arduíno e Módulo APC220. Disponível em: <<http://blog.filieflop.com/wireless>>. Acesso em: 20 Set. 2015.

ALECRIM, Emerson (2008). Tecnologia Bluetooth. Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em : 19 Ago. 2015.

OTTON(2009). Redes. Disponível em: <<http://www.ic.uff.br/~otton/graduacao/informaticaI/redes.pdf>>. Acesso em: 24 Set 2015.

NEVEU.D(2012). Maneiras de melhorar a recepção de Wi-Fi . Disponível em: <<http://www.libertadyorganizacion.org/maneras-de-melhorar-a-recepcao-de-wi-fi.html>>. Acesso em: 19 Jul. 2015.

COIMBRA, T.R (2006). Regulação Do Espectro De Radio Frequências: Análise Técnica Do Modelo Brasileiro. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialespeccradio/default.asp>>. Acesso em: 16 Jul. 2015

SAKURAGUI, R. R. M (2006). Sistema de Localização de Serviços para Domínios de Segurança Locais e Remotos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-14122006-101301/>>. Acesso em: 07 Jul. 2015.

FERNANDES. I. UNIVERSIDADE DO PORTO (2006). WPAN. Disponível em: <<http://www.paginas.fe.up.pt/~ee99207/tecnologias/wpan/wpan.html>>. Acesso em: 20 de Ago. 2015.

REVISTA ELETRÔNICA (2013). Conheça o Circuito Integrado 555. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/2446-conheca-o-circuito-integrado-555>>. Acesso em: 29 Ago. 2015.

MESSIAS, ANTONIO ROGÉRIO. Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4). Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>. Acesso em: 12 Set. 2015.

BRAGA. Tudo Sobre Relés (Livro Completo). Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br>>. Acesso em: 23 Jul. 2015.

ARAUJO, THAYRON. Raspberry Pi B+: Introdução a Porta GPIO. Disponível em: <<http://blog.fazedores.com/raspberry-pi-b-introducao-porta-gpio/>>. Acesso em: 06 Mai. 2015.

REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. O futuro na Ponta dos Dedos. Disponível em: <[http://www.redeelite.com.br/midias/arq\\_constr\\_300.pdf](http://www.redeelite.com.br/midias/arq_constr_300.pdf)>. Acesso em: 14 Ago. 2015

CONCEIÇÃO JUNIOR. Redes sem Fio: Protocolo Bluetooth Aplicado em Interconexão entre Dispositivos. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialredespbaidd.pdf>>. Acesso em: 19 Jul. 2015.

ANATEL. Consulta a Faixas de Frequência. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/FreqConsulta.Asp>>. Acesso em: 23 Ago. 2015.

PRESSMAN, R. S. Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill, 6th ed, Nova York, NY, 2005.

NEWTONCBRAGA. Reguladores de Tensão 7805 (ART156). Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1076-art156>>. Acesso em: 20 Mai. 2015.

CARDOSO, F. R. M. e MACEDO-SOARES, J. C. T. Método para implementação de redes sem fio. Monografia de Graduação - Departamento de Engenharia Elétrica. Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

CARDOSO, S. A. Radiações Não-Ionizantes emitidas pelas Estações Radiobase do Sistema Móvel Celular. Monografia (Curso de Especialização em Regulação de Telecomunicações) - Departamento de Engenharia Elétrica. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

