

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**ÂNDERSON BIEGELMEYER**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UMA CASA INTELIGENTE**

**CAXIAS DO SUL**

**2015**

**ÂNDERSON BIEGELMEYER**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UMA CASA INTELIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Controle e Automação, da Universidade de Caxias do Sul, apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro, focado na área de automação.

Orientador:

Prof. Me. Anderson Soares

**CAXIAS DO SUL**

**2015**

**ÂNDERSON BIEGELMEYER**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UMA CASA INTELIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Controle e Automação, da Universidade de Caxias do Sul, apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro, focado na área de automação.

**Aprovado em:** \_\_/\_\_/\_\_

**Orientador:**

---

Prof. Me. Anderson Soares

**Banca Examinadora:**

---

Prof. + grau + Nome do Professor

Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. + grau + Nome do Professor

Universidade de Caxias do Sul – UCS

## RESUMO

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema para automação residencial, utilizando os conceitos da *Internet of Things*, atuando em 3 dispositivos de controle e monitoramento a partir do *Smartphone*, podendo funcionar via rede WiFi do usuário ou via Internet. Os dispositivos criados se comunicam via rede baixo custo sub-1GHz sendo um deles denominado *gateway* do sistema, que faz a interface entre esta rede e a rede WiFi. Esta, por sua vez, está conectada à rede WiFi do usuário, portanto também conectado à Internet. Os dispositivos contemplam funções como controle de luminária LED com sensor de luminosidade ambiente, sensor de presença para funções de alarme, economia de energia e controle de luminária LED RGB. O aplicativo para *Smartphone* foi desenvolvido para a plataforma Android, podendo ser executado em qualquer celular com este sistema operacional, e possui funções de controle e monitoramento do sistema através da rede WiFi ou 3G.

**Palavras-chaves:** *Internet of Things*. Automação residencial. *Smartphone*. Comunicação sem fio. Sub-1GHz. RGB.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento de dispositivos conectados .....	13
Figura 2 - Aplicações para a Internet das Coisas .....	16
Figura 3 - Aplicação do HDBaseT.....	18
Figura 4 - Diagrama de Blocos Geral .....	21
Figura 5 - Diagrama entre Sensor de Presença e Gateway .....	22
Figura 6 - Sensor Infra Vermelho .....	23
Figura 7 - Sensor Infra Vermelho Adafruit .....	24
Figura 8 - Sensor Infra Vermelho DYP-ME003 – Vista Frontal.....	24
Figura 9 - Diagrama entre Luminária com Sensor de Luminosidade e Gateway .....	25
Figura 10 - Funcionamento do LDR .....	26
Figura 11 - Circuito LDR .....	26
Figura 12 - Circuito PWM.....	29
Figura 13 - Alcance Típico das redes sem fio (em metros).....	35
Figura 14 - Consumo típico das Redes sem Fio .....	36
Figura 15 - Diagrama de Blocos do Gateway.....	38
Figura 16 - Diagrama de Blocos Luminária RGB .....	40
Figura 17 - Módulo Wireless RN171-I/RM .....	41
Figura 18 - Fluxograma para configuração da Rede Wireless.....	43
Figura 19 - Estrutura Aplicativo Smartphone.....	44
Figura 20 - Protocolo CAN .....	46
Figura 21 - Módulo Sub-1GHz ANAREN.....	49
Figura 22 - LAUNCHPAD MSP-EXP430G2 .....	50
Figura 23 - Comunicação entre dispositivos .....	51
Figura 24 - Diagrama Reconhecimento de Frame .....	52
Figura 25 - Estrutura Rede Sub-1GHZ .....	52
Figura 26 - Dispositivo 1 - Sensor de Presença .....	54
Figura 27 – Dispositivo 2 - Luminária .....	55
Figura 28 - Conexões DRIVER LED Intral .....	55
Figura 29 - Gateway do Sistema.....	57
Figura 30 - Telas do Aplicativo I.....	58
Figura 31 - Tela da Luminária LED.....	59
Figura 32 - Placa de desenvolvimento Mikromedia (vista frontal).....	68
Figura 33 - Placa de desenvolvimento Mikromedia (vista traseira) .....	69
Figura 34 - Entradas e saídas da placa de desenvolvimento.....	70
Figura 35 - Circuito do Sensor IRSB345ST03-R1 .....	71
Figura 36 - Logotipo empresa OORT .....	71
Figura 37 - Lâmpada LED da empresa OORT .....	72
Figura 38 - Aplicativo para Smartphone empresa OORT .....	72
Figura 39 - Características técnicas da lâmpada empresa OORT.....	73
Figura 40 - Tomada Inteligente empresa OORT .....	74
Figura 41 - Aplicativo para controle da tomada da empresa OORT.....	74
Figura 42 - SmartHub da empresa OORT .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Corrente contínua
IDE	Interface de desenvolvimento
P	Potência
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
kB	Kilo bytes
AP	Ponto de acesso
LED	<i>Light Emitter Diode</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
GPIO's	<i>General Purpose Input/Output</i>
UART	<i>Universal asynchronous receiver transmitter</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
USD	Dólares Americanos
PID	Proporcional, integrador, derivativo
V <sub>pp</sub>	Tensão pico a pico
LIN	<i>Local Interconnect Network</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
I <sup>2</sup> C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS .....	10
1.1.1	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>10</b>
1.2	ÁREA DO TRABALHO .....	10
1.3	LIMITES DO TRABALHO.....	11
1.4	JUSTIFICATIVA.....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1	TENDÊNCIAS DO USO DA IoT APLICADO A RESIDENCIAS .....	16
2.1.1	<b>Entretenimento .....</b>	<b>17</b>
2.1.2	<b>Controle de Demanda .....</b>	<b>18</b>
2.1.3	<b>Sistemas de Controle de Temperatura.....</b>	<b>19</b>
2.1.4	<b>Sistemas de Controle de Iluminação .....</b>	<b>19</b>
2.1.5	<b>Sistemas de Segurança.....</b>	<b>19</b>
2.2	SISTEMA PROPOSTO.....	20
2.3	DISPOSITIVOS DE SENSORIAMENTO E ATUAÇÃO .....	22
2.3.1	<b>Sensor de Presença.....</b>	<b>22</b>
2.3.2	<b>Luminária e Sensor de Luminosidade .....</b>	<b>25</b>
2.3.2.1	Sensor de Luminosidade.....	25
2.3.2.2	Luminária .....	27
2.4	MEIO DE COMUNICAÇÃO ENTRE DISPOSITIVOS E GATEWAY.....	29
2.4.1	<b>WiFi (IEEE 802.11).....</b>	<b>30</b>
2.4.2	<b>Bluetooth.....</b>	<b>31</b>
2.4.3	<b>Zigbee .....</b>	<b>33</b>
2.4.4	<b>Sub-1Ghz.....</b>	<b>33</b>
2.4.5	<b>Definição do tipo de comunicação sem fio .....</b>	<b>34</b>
2.5	DEFINIÇÃO DO MICROCONTROLADOR .....	37
2.6	GATEWAY DO SISTEMA.....	37
2.6.1	<b>Tarefas do Gateway .....</b>	<b>39</b>
2.6.1.1	Inatividade no ambiente .....	39

2.6.1.2	Controle proporcional da lâmpada LED.....	39
2.6.1.3	Função Alarme.....	39
<b>2.6.2</b>	<b>Luminária RGB .....</b>	<b>39</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Módulo de Comunicação WiFi.....</b>	<b>40</b>
2.6.3.1	Configurando a Rede Wireless no Gateway .....	41
2.6.3.2	Configurando a Rede Sub-1GHz no Gateway .....	43
2.7	APLICATIVO PARA SMARTPHONE.....	44
2.8	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO .....	44
<b>2.8.1</b>	<b>Segurança do Protocolo .....</b>	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>49</b>
3.1	REDE SUB-1GHZ .....	49
<b>3.1.1</b>	<b>Desenvolvimento do <i>Firmware</i> .....</b>	<b>51</b>
3.2	DISPOSITIVOS DA REDE SUB-1GHZ .....	53
<b>3.2.1</b>	<b>Dispositivo 1 - Sensor de Presença .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Dispositivo 2 - Luminária .....</b>	<b>54</b>
3.3	GATEWAY DO SISTEMA.....	56
3.4	APLICATIVO PARA SMARTPHONE.....	57
3.5	CONEXÃO COM A INTERNET .....	59
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
4.1	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>71</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Ao acessar o site de vários fabricantes de semicondutores, tais como Texas, Freescale, NXP, entre outros, é possível encontrar um campo de aplicação chamado *Internet of Things (IoT)*. Este novo conceito promete mudar a forma de vida das pessoas, como elas interagem com o meio e a sociedade, como elas trabalham, proporcionando funcionalidades inovadoras e novas formas de tomada de decisões.

De acordo com SHVEYKOVSKIY et al (2013) hoje em dia as pessoas estão equipadas com dispositivos extremamente rápidos em qualquer lugar e a qualquer momento permitindo que estejam conectadas e interagindo umas com as outras através do vasto mundo da *Internet*. O próximo passo visa facilitar a conexão das aplicações e serviços do mundo digital da *Internet* com o mundo físico das coisas, permitindo um melhor sensoriamento e controle de nosso ambiente. Este passo geralmente é chamado da *Internet* das coisas.

Segundo CHASE (2013) a IoT é uma conexão entre dispositivos, que utilizam a Internet para se comunicar entre si, para prover ferramentas como monitoramento remoto ou controle sobre os dispositivos. Também acrescenta que este conceito é básico, pois a IoT cria uma rede de inteligência artificial, a qual todos os dispositivos estão conectados, para que possam ser monitorados e que a tomada de decisões seja em tempo real, ou seja, todos os dispositivos da rede se comunicam entre si e provêm os dados necessários para as tomadas de decisões.

Visando esta tendência global a ideia do presente trabalho é explorar o mundo da *Internet of Things* e sua aplicabilidade em um sistema residencial através da implementação de sensores e atuadores conectados à Internet, permitindo ao usuário monitorar e controlar sua residência remotamente. Para alcançar esta aplicação será desenvolvido um aplicativo para *Smartphone* capaz de se comunicar via Internet com os sensores e atuadores da residência. Estes, por sua vez, estarão se comunicando com o *gateway* do sistema através de uma comunicação baixo custo e o *gateway* estará conectado à Internet via rede WiFi, priorizando a comunicação sem fio do sistema, eliminando toda a questão de cabos e permitindo a instalação em locais já edificados.

## 1.1 OBJETIVOS

Abaixo é apresentado o objetivo geral do presente trabalho, como também o detalhamento de cada tarefa para chegar ao objetivo final.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Monitorar e controlar remotamente sistemas periféricos de uma residência utilizando o conceito da Internet das Coisas (IoT).

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma interface gráfica para monitorar e controlar os atuadores de uma residência através de uma rede local (WiFi) e via Internet (3G);
- Definir o meio de comunicação entre o dispositivo microcontrolado (Gateway) e os atuadores e sensores;
- Implementar um firmware para o microcontrolador do gateway capaz de se comunicar com o *smartphone* via Wifi e via Internet;
- Definir quais sensores e atuadores serão utilizados no sistema protótipo;
- Implementar um protótipo do sistema;
- Avaliar o desempenho do sistema implementado;
- Levantar custos e analisar a viabilidade econômica;

## 1.2 ÁREA DO TRABALHO

O trabalho será realizado na Universidade de Caxias do Sul, que é uma instituição de ensino superior, de caráter comunitário e regional, com atuação direta na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Atualmente a instituição conta com 85 opções de cursos em 9 áreas do conhecimento e possui mais de 37 mil alunos. O laboratório de desenvolvimento será o de eletrônica, localizado no bloco D da universidade, que conta com instrumentos de medição como multímetro e osciloscópio, como também fontes de alimentação.

### 1.3 LIMITES DO TRABALHO

O autor terá como responsabilidade o desenvolvimento de firmware para o microcontrolador do *gateway*, criação do aplicativo para *smartphone* baseado em sistema Android, criação dos dispositivos sensores e atuadores da residência e criação do protótipo do sistema. Também serão levantados os custos relacionado ao projeto final. Não será de responsabilidade do autor a confecção da placa de circuito impresso para os dispositivos, pois serão utilizadas plataformas disponíveis. Será ainda de responsabilidade do autor a implementação da comunicação remota através da Internet.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

Este crescente número de dispositivos conectados, que em 2020 estima-se alcançar 25 bilhões, tende a ser uma grande mudança na forma como a sociedade interage e vive. Mudanças comportamentais, estilos de vida, facilidades e informações em tempo real certamente serão afetadas, o que não se sabe exatamente é de que forma. Estes fatores favorecem muito ao empreendimento de novas soluções e tecnologias voltadas para a *Internet das Coisas*, que tendo uma boa aceitação do mercado podem tornar-se produtos de sucesso.

A sociedade vive em uma época onde o conforto e a praticidade são prioridades dos consumidores. Suas compras geralmente estão voltadas em produtos para o lar, para melhorar a qualidade de vida das famílias e a realização pessoal da casa dos sonhos.

O mercado da tecnologia da informação, grupo ao qual se enquadra a IoT, está em um crescimento acelerado devido a esta nova ordem de comunicação. Segundo o grupo GARTNER (2014) em 2015 existirá cerca de 4.9 bilhões de dispositivos conectados na Internet e projeções estimam que em 2020 alcançará os 25 bilhões. A IoT está se tornando um mercado muito poderoso para os investimentos e pesquisas tecnológicas e pretende afetar todos os setores da sociedade. Na Tabela 1 é possível verificar as estimativas de crescimento dos dispositivos conectados à Internet até 2020.

Tabela 1 - Quantidade de dispositivos conectados até 2020

<b>Category</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
Automotive	96.0	189.6	372.3	3,511.1
Consumer	1,842.1	2,244.5	2.874.9	13,172.5
Generic Business	395.2	479.4	623.9	5,158.6
Vertical Business	698.7	836.5	1,009.4	3,164.4
<b>Grand Total</b>	<b>3,032.0</b>	<b>3,750.0</b>	<b>4,880.6</b>	<b>25,006.6</b>

Fonte: GARTNER (2014)

Ainda, segundo GARTNER (2014), a categoria *consumer*, que são os usuários residenciais em geral, é a que mais irá possuir dispositivos conectados e irá ser a de maior receita entre as categorias. Alcançará a marca de 13 bilhões de dispositivos conectados em 2020, ou seja, mais que a metade do montante total.

Desta forma, a ideia do presente trabalho é o desenvolvimento de um sistema, com base na *Internet das Coisas*, voltado para a automação residencial.

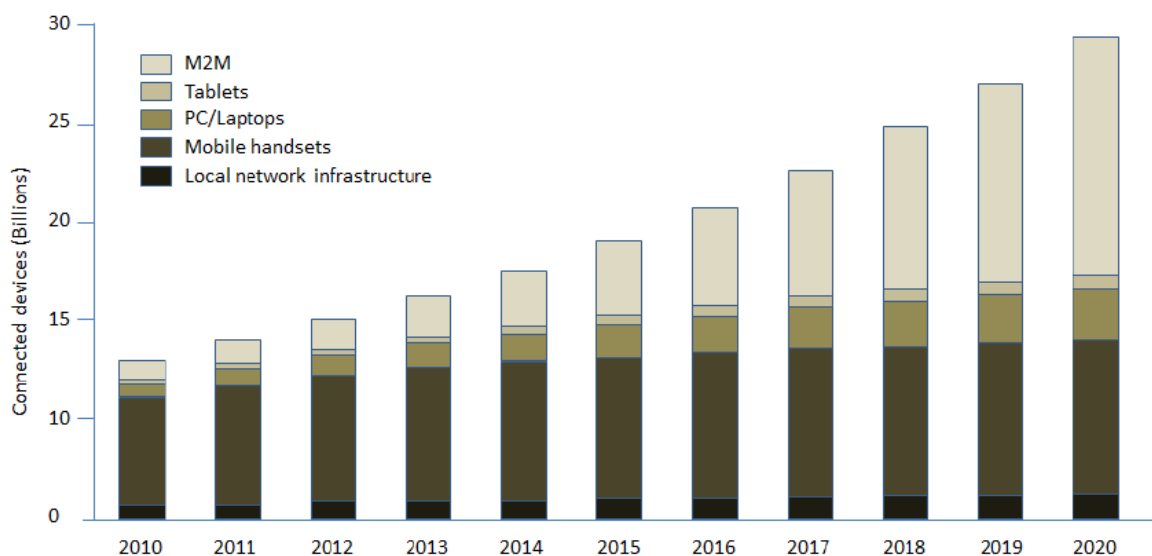
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento do dispositivo é necessário o estudo de tecnologias e ferramentas existentes, como também definições de projeto e de operação. Este capítulo explorará tais itens para que os objetivos propostos sejam alcançados.

Analisando os 3 últimos anos pode-se observar que se teve um grande “boom” na era dos *Smartphones*. Quem ainda não o tinha, por achar que não era necessário ou porque era um dispositivo de custo elevado, foi obrigado a aderir a esta tecnologia devido às suas ferramentas relacionadas ao cotidiano, como por exemplo na comunicação pela *Internet* utilizando aplicativos como *WhatsApp* ou *Skype*, ou então nas ferramentas de localização através de mapas online como *Waze* ou *Google* ou ainda pelas funcionalidades de fotos e vídeos, entre inúmeros outros. Este ponto de vista pode ser relacionado diretamente à *Internet* das coisas, pois ela ainda não é tão comum, parecendo algo de país de primeiro mundo ou então de pensamentos futuristas, porém a cada dia vem ganhando espaço no cotidiano.

Segundo MAZHELIS (2013) para o número de dispositivos conectados é esperado um crescimento de 9 bilhões em 2011 para 24 bilhões em 2020. Conforme a Figura 1 o maior crescimento se dará nas conexões *Machine to Machine* (M2M), que nada mais são que as “coisas” da *Internet* das coisas, como sensores, atuadores, medidores, etc. Estima-se que este crescimento irá dos 2 bilhões de dispositivos na rede em 2011 para 12 bilhões de dispositivos em 2020.

Figura 1 - Crescimento de dispositivos conectados



Fonte: MAZHELIS (2013)

Ainda, segundo MAZHELIS (2013) a receita arrecadada para o campo do consumo eletrônico doméstico em 2020 na Europa será de aproximadamente USD 445 bilhões, seguido pela área automotiva com USD 202 bilhões, médica USD 97 bilhões e de utilidades em geral com USD 36 bilhões.

Já existem várias empresas que comercializam produtos voltados para a *Internet* das coisas, que estão apostando seu trabalho e seu futuro nesta nova tendência. Segundo SHVEYKOVSKIY et al (2013) a IoT em termos de negócios representa grandes oportunidades para vários tipos de empresas como provedores de serviços e aplicações para IoT, suporte de telecomunicações e empresas de *software*.

Para entender o motivo da *Internet* das coisas estar ganhando espaço somente agora, é necessário avaliar o que mudou nos últimos anos que permitiu esta nova tendência difundir-se globalmente. Segundo a empresa Texas Instruments (2014) os seguintes itens motivaram a *Internet* das coisas a ser uma tendência atual.

- Produtos com inteligência: Cada vez mais observa-se produtos com microcontroladores para permitir um controle mais sofisticado como controladores PID e comandos remotos.
- Adicionar conectividade está se tornando fácil e baixo custo: A cada dia a conectividade, tanto sem fio como com fio, se torna mais fácil de integrar ao produto, pois os fabricantes já preveem um grande suporte a bibliotecas e exemplos que permite ao projetista diminuir o tempo de projeto. Outro fator importante é o custo de aquisição destas tecnologias, que vem diminuindo com o passar do tempo e permitindo que produtos simples possam utilizar comunicações alto nível, como WiFi e Bluetooth.
- Semicondutores de baixo consumo permitem aplicações a bateria: Com o avanço da tecnologia aplicada aos semicondutores, já é possível projetar um produto que funcione a bateria e tenha uma comunicação sem fio trabalhando por vários anos.
- Acesso à *Internet* largamente disponível: Atualmente é difícil encontrar uma residência que não tenha conexão à *Internet*, permitindo diversas aplicações e funcionalidades ao usuário.

- Computadores, *Smartphones* e *Tablets* amplamente disponíveis: Da mesma forma como o acesso à *Internet*, os dispositivos eletrônicos são facilmente encontrados nas residências.
- Conectividade permite controle, sensoriamento e capacidade de atualizar o *software* do sistema via *Internet*: A partir do momento em que tem-se um equipamento conectado à *Internet*, várias vantagens o colocam na frente quando comparado a um dispositivo *stand-alone* (funcionando isolado), tais como o sensoriamento e controle de qualquer parte do mundo e a capacidade de atualização do sistema, seja para correções de *software* ou para novas funcionalidades do sistema. Um exemplo seria a criação de um novo modo de controle para as iluminações da residência, então não seria necessário o usuário ir até uma assistência técnica autorizada para atualização ou fazer via *pendrive*, o próprio dispositivo já executaria automaticamente a atualização.

Esta motivação permitiu a criação de diversas aplicações para *Internet* das coisas nos seguintes campos: Vestimentas, construção, automação residencial, cidades inteligentes, manufatura inteligente, monitoramento da saúde e automotivo. O conceito aplicado a todos eles é mesmo explanado anteriormente, porém muda o campo de aplicação. Abaixo tem-se as aplicações para algumas áreas da IoT:

- Automotiva: *in-vehicle infotainment*, ADAS (*advanced driver assistance system*), informações sobre as condições do trânsito e das estradas, preços de postos de combustíveis e pedágios, rastreadores, sistemas de segurança, diagnóstico remoto do veículo, gerenciamento de frota.
- Médica: Monitoramento dos sentidos para saúde e bem estar, prevenção de doenças e diagnósticos precoces, acompanhamento de tratamentos, avisos de emergência em tempo real;
- Cidades inteligentes: Com vários dados circulando na nuvem como otimização das sinalizações conforme o trânsito e dados provindos da área automotiva, emergências priorizando a locomoção, etc.

Segundo CHASE (2013) a IoT é esperada para mudar a forma de como a sociedade vive, trabalha e interage com o mundo, desde a automação industrial e conectividade automotiva até vestimentas com sensores e aplicações domésticas. As pessoas serão mais

“proprietárias” do ambiente ao seu redor, monitorando e controlando várias coisas de forma automática ou remota. A IoT tornará a vida mais segura com carros que evitam acidentes, sensores corporais que preveem doenças e muito mais. Também permitirá maior economia de energia com sensores que aproveitam a luz do dia e atuadores que regulam a luminosidade das lâmpadas. De acordo ALDRICH (2013) a casa inteligente também tem a função de aprender as preferências dos usuários da casa para que ela possa antecipar as necessidades dos usuários com base nos dados armazenados.

## 2.1 TENDÊNCIAS DO USO DA IoT APLICADO A RESIDENCIAS

O conceito da casa conectada é um assunto de grande interesse por várias décadas. É conhecido por diversos nomes como automação residencial, casa inteligente, ambiente inteligente ou casa digital, que sempre tem por base a *Internet* das coisas. Segundo ALDRICH (2003) a casa inteligente é definida como uma residência equipada com processamento e tecnologias para informações que antecipam e respondem às necessidades dos moradores, trabalhando para permitir o conforto, comodidade, segurança e entretenimento através da gestão da tecnologia dentro da casa com conexões para o mundo todo.

A Figura 2 mostra alguns exemplos de aplicações para uma residência focada na aplicação da IoT.

Figura 2 - Aplicações para a Internet das Coisas



Fonte: CHASE (2013)



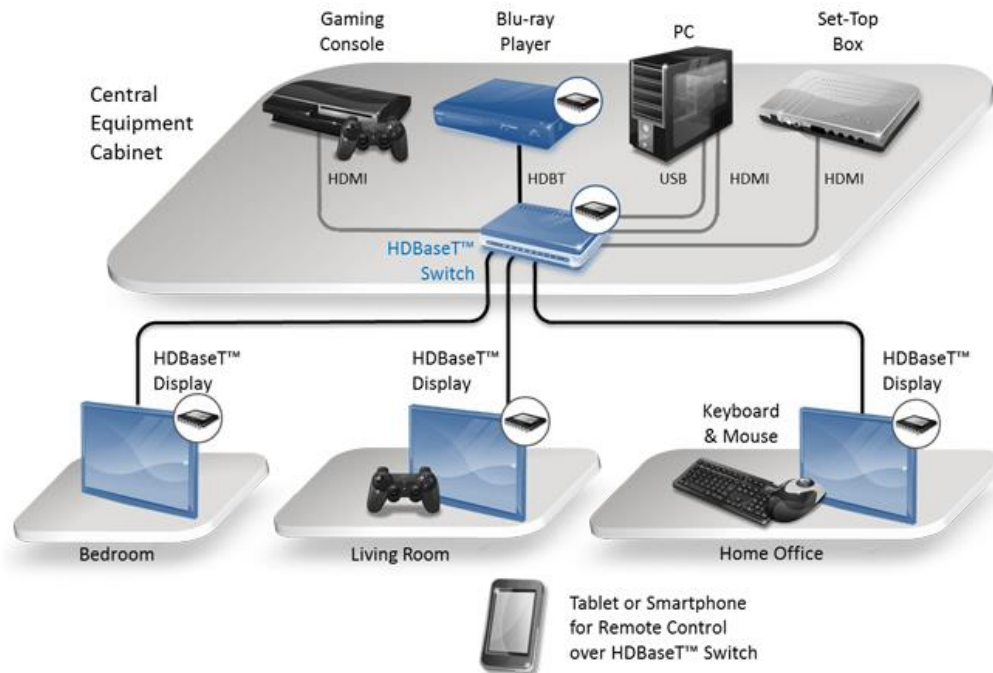
Tem-se exemplos como iluminação inteligente, sistemas de segurança, portão eletrônico da garagem, sensores de temperatura, medidores de água e gás com conectividade, sensor para a piscina, *gateway* para o sistema e gramado inteligente. A seguir será apresentado inovações e tendências para aplicações domésticas com base na IoT.

### **2.1.1 Entretenimento**

Adicionando conectividade aos equipamentos eletrônicos da residência, tais como televisores, vídeo games, *e-books readers* e câmeras digitais é possível não só armazenar e obter mídias de entretenimento como também compartilhar para as outras pessoas da residência, através da rede LAN (*Local Area Network*), como também através da *Internet* para outras residências SHVEYKOVSKIY et al (2013).

Existe um novo padrão de comunicação que ainda está tímido quanto à sua aplicação mas que promete ser uma tendência para a conectividade entre equipamentos eletrônicos da casa que é o HDBaseT. Segundo o site da organização HDBaseT (2015) esta nova tecnologia é um padrão de conectividade para os equipamentos eletrônicos comerciais e residenciais capaz de transmitir mídias em formato ultra alta definição sem compressão de dados, como vídeos com qualidade 4k, além de transmitir USB 2.0, áudio e alimentação de até 100W por um único cabo CAT5 (padrão para comunicações Ethernet). A Figura 3 mostra uma ilustração de como esta tecnologia seria empregada em uma residência com base na IoT.

Figura 3 - Aplicação do HDBaseT



Fonte: HDBaseT.org (2015)

Pode-se observar que todos os componentes eletrônicos estão conectados através deste padrão de comunicação, transmitindo mídia em ultra alta definição e essa mídia estando acessível em todos os componentes, ou seja, o monitor HDBaseT que está no dormitório pode buscar algum conteúdo que esteja no reproduutor de Blu-ray ou então no computador, que estão em cômodos distintos. Ainda é possível a conectividade com o *Smartphone* dos moradores, tornando o sistema de entretenimento um servidor de conteúdo também para o dispositivos móveis.

### 2.1.2 Controle de Demanda

Pode-se adicionar à casa inteligente medidores de energia, gás e água que tenham conectividade com a rede local, transmitindo o consumo em tempo real para o sistema de armazenamento de dados e disponibilizando ao usuário. Segundo SHVEYKOVSKIY et al (2013) isto permitiria uma redução no custo de leituras executadas pelas fornecedoras de energia, como também na conta final, já que com os dados na rede seria possível prever o consumo mensal e atual em todos os dispositivos da casa. Então, por exemplo, quando tem-se um consumo elevado em horários de alta demanda o sistema automaticamente pode desligar

aparelhos desnecessários com base nos sensores de presença ou no consumo individual de cada aparelho.

### **2.1.3 Sistemas de Controle de Temperatura**

A partir do momento em que tem-se um sensoriamento da temperatura na residência e estes sensores estão conectados à rede e não somente ao sistema de ar condicionado, é possível controlar de forma inteligente a temperatura do lar. Segundo CHASE (2013) a seguinte situação ilustraria um sistema de controle inteligente de temperatura com base na *Internet* das coisas: “Permitindo meu aplicativo de controle residencial a acessar a localidade no meu *Smartphone*, é possível informar à minha residência quanto tempo falta para eu chegar em casa e então ela já poderá programar a temperatura do ambiente, de acordo com minhas preferências, para que quando chegue em casa já esteja no *set-point*.”

### **2.1.4 Sistemas de Controle de Iluminação**

Com a IoT não só é possível fazer o controle remotamente da iluminação, seja desde o *Smartphone* dentro da casa ou em qualquer lugar do planeta através da Internet, mas também usufruir de todo sensoriamento existente na casa para controlar a iluminação onde tem-se pessoas no ambiente, desligando automaticamente luzes sem serventia. Também pode-se analisar os sensores de luminosidade dos ambientes, verificando a quantidade de luz do dia do cômodo e ligando somente a quantidade de luz das luminárias necessária, assim economizando energia. Outro benefício que pode ser destacado é quando a casa aprende a rotina dos moradores, então ela pode ligar iluminações automaticamente na hora do despertador, por exemplo, já prevendo que o usuário irá ao banheiro, então pode-se ligar a luz do banheiro e o chuveiro para o banho matinal.

Também é possível configurar modos de cena para cada tipo de atividade como por exemplo modo leitura, onde as luzes seriam colocadas ao máximo para permitir uma boa leitura, ou então modo filme, onde elas se reduziriam para enfatizar o televisor.

### **2.1.5 Sistemas de Segurança**

O conceito para os sistemas de segurança baseado na *Internet* das coisas também é com todos dispositivos de segurança conectados à nuvem. Ao adicionar conectividade à fechadura da porta de entrada da casa, por exemplo, é possível fazer a detecção automática dos moradores através de seu *Smartphone*, eliminando o uso de chaves. Também seria

possível autorizar outra pessoa a entrar em sua casa em algum momento específico mesmo sem o morador estar na casa, já que ela estaria conectada à *Internet*, então o morador enviaria uma chave de acesso a esta outra pessoa, identificando o horário permitido e quantas vezes estaria autorizada a entrar.

Novamente com os sensores de movimento seria possível configurar o alarme residencial, alertando os moradores na casa de um movimento diretamente nos seus *Smartphones*. Este sistema também estaria integrado ao sistema de segurança da cidade, tornando rápida a atuação da polícia.

Câmeras de segurança também estariam conectadas à nuvem, transmitindo aos moradores imagens em tempo real e auxiliando, por exemplo, em uma situação onde o alarme é disparado, enviando imagens diretamente à polícia, para verificar se realmente existe um ladrão na residência.

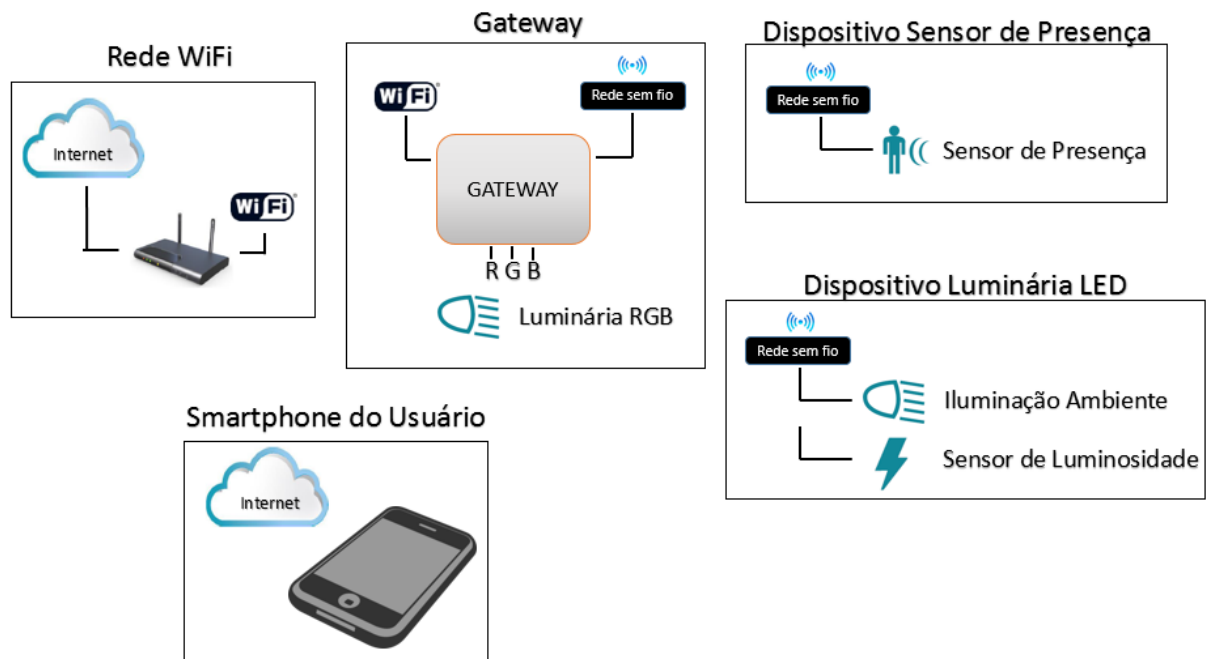
Através do conceito de todos equipamentos eletrônicos estarem conectados à rede local, seria possível colocar um alarme cada vez que um dispositivo de valor agregado não autorizado deixasse a residência.

Segundo SHVEYKOVSKIY et al (2013) implementado vários conceitos da IoT na segurança da casa os incidentes de segurança domésticos poderiam ser evitados ou, pelo menos, detectados rapidamente.

## 2.2 SISTEMA PROPOSTO

O presente trabalho tem a proposta de implementar soluções para a *Internet* das coisas visando aplicações para residências. Com base nos conceitos explanados anteriormente e nas tendências para a IoT, a ideia principal é se ter o controle dos dispositivos eletrônicos da residência desde o *Smartphone*, tanto dentro do domicílio como de forma remota através da *Internet*. Na Figura 4 é possível verificar o diagrama geral do trabalho proposto.

Figura 4 - Diagrama de Blocos Geral



Fonte: DO AUTOR (2015)

O *Smartphone* será capaz de comunicar-se com os sensores e atuadores da residência através Internet. Seu aplicativo enviará os comandos para o IP de conexão ADSL do domicílio, onde o roteador receberá estes dados e encaminhará para o IP local do Gateway. Este, por sua vez, identificará quem é o destinatário do comando e encaminhará os dados através da comunicação baixo custo. Após executar o comando, o sensor ou atuador enviará para o *Gateway* o reconhecimento do comando e ele enviará os dados para o *Smartphone*, passando pelo roteador residencial e pela *Internet*.

Os sensores e atuadores terão um microcontrolador capaz de monitorar o sensor ou então controlar o atuador. Ele também terá a responsabilidade de se comunicar com o circuito integrado da comunicação baixo custo a ser definida. A premissa dos atuadores e sensores é que tenham uma lista de materiais (*Bill of Materials*) mais baixo custo possível, já que a residência poderá ter vários destes dispositivos espalhados pela casa, então seu custo é primordial para o sucesso do projeto.

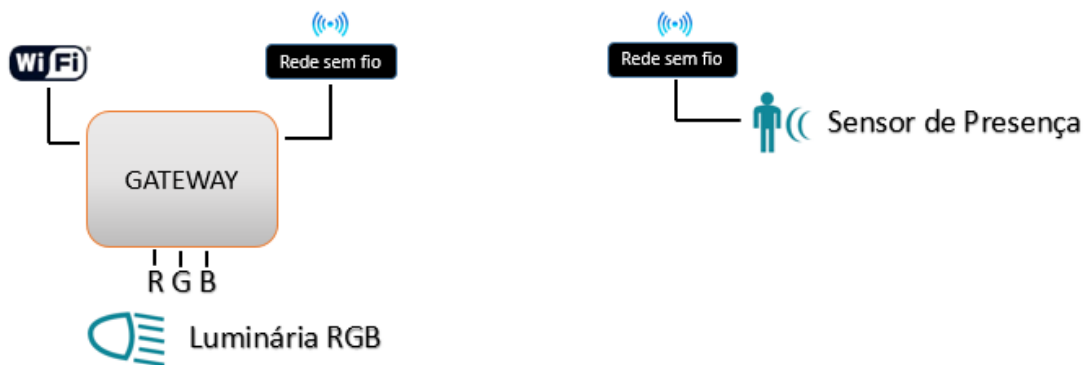
## 2.3 DISPOSITIVOS DE SENSORIAMENTO E ATUAÇÃO

Com base nos conceitos estudados da *Internet* das coisas, os sensores e atuadores devem trabalhar de forma a contribuir para a segurança, comodidade e praticidade do usuário ao controlar e monitorar sua residência. Pensando nisto, a proposta é desenvolver um sensor de presença e um atuador que controla uma luminária LED com um sensor de luminosidade, ambos comunicando com o *gateway* do sistema de forma sem fio.

### 2.3.1 Sensor de Presença

O sensor de presença será responsável por detectar a movimentação de pessoas no ambiente e enviar a detecção para o *gateway* do sistema, conforme Figura 5.

Figura 5 - Diagrama entre Sensor de Presença e *Gateway*



Fonte: DO AUTOR (2015)

Ao receber estas informações, o *gateway* executa a tomada de decisões conforme sua programação, seja para disparar o alarme residencial, indicando a presença de intrusos, ou então para desligar iluminações onde não exista a presença de pessoas.

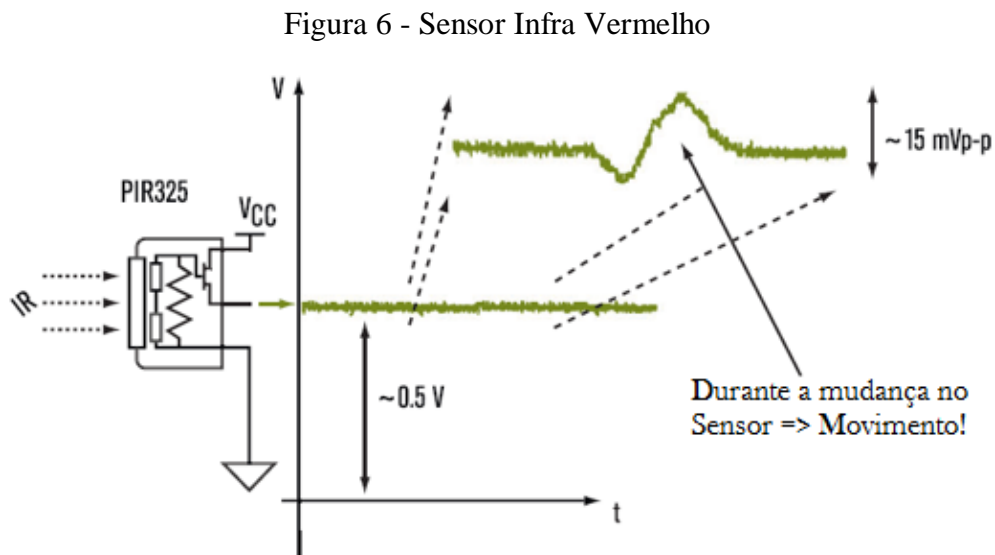
Uma tecnologia muito empregada para a detecção de movimento é o *Passive Infrared Sensor* (PIR Sensor), ou então sensor de infra vermelho passivo, que possui a capacidade de detectar movimentos através das ondas infra vermelhas, ou seja, o calor. Segundo PANASONIC (2000) o sensor PIR, ao contrário de sensores que emitem luz para detecção como os LEDs, detecta o montante de raios infra vermelhos que uma pessoa emite diferentemente da área à sua volta.

Todo objeto emite luz infra vermelha de acordo com sua temperatura e característica de sua superfície. Segundo PANASONIC (2000) o corpo humano também emite essa luz e

seu comprimento de onda está em torno de  $10\mu\text{m}$ . Então, com o sensor projetado para range de frequência, quando um corpo humano entra numa área de detecção a quantidade de luz infra vermelha que chega no sensor varia, correspondendo a diferença entre o corpo e o ambiente à sua volta.

Em virtude dos sensores de infra vermelho terem seu princípio de funcionamento na recepção desta irradiação, sem emitir nada, seu consumo de energia torna-se muito baixo, viabilizando sua implementação na IoT, pois poderia ser utilizado com uma bateria e ter uma elevada vida útil.

Na Figura 6 é possível verificar a resposta do sensor infra vermelho. Ele é alimentado com uma tensão pré-definida e a quantidade de luz infra vermelha que chega ao sensor é proporcional à sua saída em tensão.



Fonte: Adaptado de ElectronicDesign (2006)

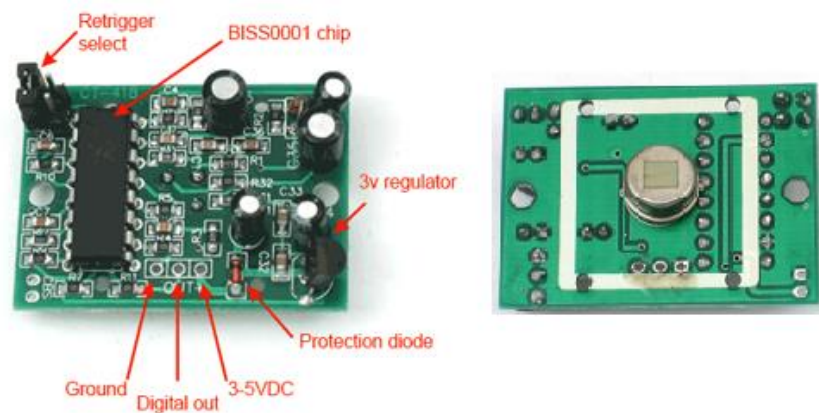
Pode-se concluir que a variação de tensão, que representa o movimento, é muito pequena na ordem de  $15\text{mVpp}$  (dependendo do sensor), portanto se faz necessário o uso de amplificadores operacionais.

Inicialmente pesquisou-se os sensores e seu princípio de funcionamento. Uma boa opção encontrada foi do fabricante Murata Electronics (2015) cujo componente IRSB345ST03-R1, apresenta uma resposta de  $3,6\text{mVpp}$ . Devido a esta tensão muito baixa, o fabricante indica a montagem de um circuito para amplificar o sinal e também fazer um filtro passa faixa para que seja amplificado somente o espectro emitido pelo corpo humano, conforme apêndice B. Segundo ElectronicDesign (2006) o espectro emitido pelo corpo

humano na luz infra vermelha está entre 8 e 14 $\mu$ m. Ao analisar os custos de componentes necessários para este sensor verificou-se que ficariam em torno de USD 6.

Entretanto, existem sensores comerciais que já estão preparados para fornecer uma saída digital, como um coletor aberto ou então nível lógico positivo. Como exemplo a empresa Adafruit (2015), que possui um sensor de infra vermelha por USD 10. Ele pode ser alimentado por uma tensão de 3 a 5V e sua saída fica em nível lógico alto (Vcc) quando um movimento é detectado. A Figura 7 mostra o sensor comercializado pela empresa.

Figura 7 - Sensor Infra Vermelho Adafruit



Fonte: ADAFRUIT (2015).

Encontrou-se também uma opção nacional. O sensor PIR DYP-ME003 é comercializado por FILIPEFLOP (2015) a R\$ 14,90. Além do custo atraente, suas especificações técnicas vão de encontro com as premissas deste trabalho. Possui uma tensão de alimentação de 4,5 a 20V, trabalha numa distância de detecção de até 7 metros de distância e sua saída é digital, ficando em 3,3V quando há detecção de movimento e em 0V quando não há. A Figura 8 apresenta o sensor.

Figura 8 - Sensor Infra Vermelho DYP-ME003 – Vista Frontal



Fonte: FILIPEFLOP (2015)

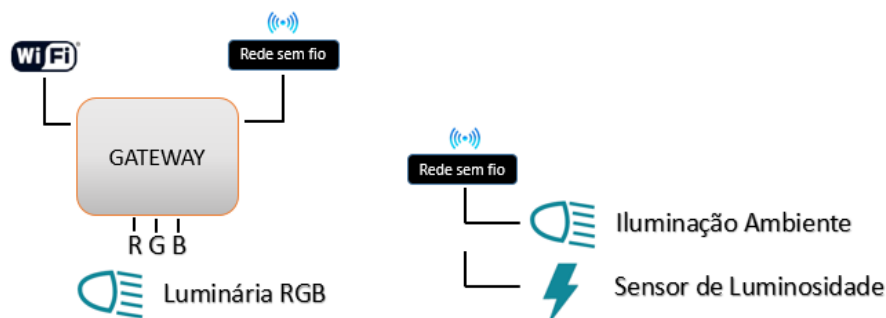


Portanto, a opção que ficou mais competitiva e que continua atendendo as demandas técnicas necessárias é a última opção o sensor DYP-ME003. Este sensor será o utilizado no projeto, como também será utilizado no levantamento de custos após a definição completa do projeto, para efeitos de análise de viabilidade econômica.

### 2.3.2 Luminária e Sensor de Luminosidade

Este dispositivo será responsável por quantificar a quantidade de luz presente no ambiente, através do sensor de luminosidade, e atuar na luminária para ajustar a melhor quantidade de luz emitida por ela, permitindo um ajuste de aproveitamento da luz do dia e, assim, diminuindo o consumo energético. A Figura 9 mostra o diagrama entre este dispositivo e o *gateway* do sistema.

Figura 9 - Diagrama entre Luminária com Sensor de Luminosidade e *Gateway*



Fonte: DO AUTOR (2015)

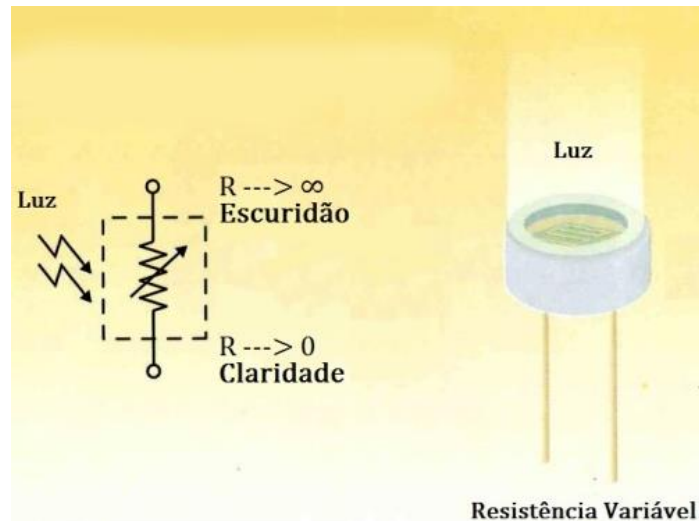
Para isto, será utilizado um LDR para quantificar a quantidade de luz ambiente, que estará conectada a uma entrada analógica do microcontrolador. Então, através do conversor analógico digital, será obtido a relação entre luminosidade e tensão lida, que será utilizada para o controle automático da luminária LED. A saída para luminária irá fornecer uma tensão analógica de 0 a 10V para o driver de LED comercial, equivalendo de 0 a 100% da luminosidade. Tudo será gerenciado por um microcontrolador que estará comunicando com a rede baixo custo do sistema.

#### 2.3.2.1 Sensor de Luminosidade

Para atuar como sensor de luminosidade elencou-se o *Light Dependent Resistor* (LDR) que tem sua resistência alterada conforme a luminosidade incidente sobre ele. Segundo UFRJ (2015) é composto de um material semiconductor, o sulfeto de cádmio ou o sulfeto de

chumbo, que possuem a propriedade de alterar sua resistência elétrica com a incidência da luz. Quanto maior a quantidade de luz incidida menor será a resistência elétrica. A Figura 10 exemplifica o funcionamento do LDR.

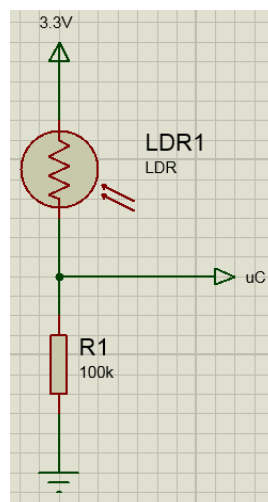
Figura 10 - Funcionamento do LDR



Fonte: Labdegarage.com (2015)

Então, quanto maior for a incidência de luz sobre o LDR, menor será sua resistência elétrica. Quanto menor for a luminosidade, maior será a resistência tendendo para o infinito (resistência extremamente alta). Para ligá-lo ao microcontrolador coloca-se um resistor de *pull-up* para fazer o divisor resistivo, e então este valor é lido pelo AD do microcontrolador. A Figura 11 mostra a montagem do circuito.

Figura 11 - Circuito LDR



Fonte: DO AUTOR (2015)

Uma necessidade, é que a lâmpada empregada seja LED, tanto para poder atuar em sua potência como também por questão de um baixo consumo, já que atua-se no campo de eficiência energética. Segundo ENTRE LED (2015) as lâmpadas LED são as que possuem a melhor relação entre potência por luminosidade emitida além de uma vida útil 50 vezes maior que uma lâmpada incandescente. A Tabela 2 mostra, por exemplo, que uma lâmpada comum (incandescente) de 60W equivale a uma fluorescente de 13W e a uma LED de 7W.

Tabela 2 - Comparação entre Lâmpadas Comerciais

Lâmpadas e Focos de Teto			
LED	Incandescente	Halogéneo	Economizadora
1W	10W	5W	2W
2W	20W	10W	4W
3W	30W	15W	6W
5W	50W	25W	9W
7W	60W	35W	13W
10W	80W	45W	18W
12W	100W	55W	20W
50.000 horas	1.000 horas	2.000 horas	15.000 horas

Fonte: ENTRE LED (2015)

Em uma residência dificilmente é utilizada uma lâmpada com mais de 100W incandescente, com relação à sua capacidade de iluminar, portanto a luminária será projetada para lâmpadas LED de até 12W de potência.

### 2.3.2.2 Luminária

Uma forma bastante comum que os fabricantes de lâmpadas LED aplicam para controlar a quantidade de luz emitida é prevendo uma entrada de 0 a 10V nos produtos. Esta entrada trabalha de forma proporcional, ou seja, variando a tensão aplicada de 0 a 10V a intensidade luminosa da lâmpada varia de 0 a 100%. Desta forma, será previsto no controlador da luminária uma saída analógica nestas características.

Para disponibilizar uma saída analógica no dispositivo levantou-se dois métodos. O primeiro consiste em utilizar o conversor digital para analógico do microcontrolador, onde seria necessário somente fazer uma amplificação do sinal para controlar a lâmpada LED.

Porém, esta opção exige que o microcontrolador tenha pelo menos uma saída analógica, o que o torna mais caro. Então estudou-se uma segunda opção.

Nos microcontroladores em geral é comum encontrar canais PWM, até mesmo em componentes baixo custo. Então a proposta é utilizar uma saída de canal PWM do microcontrolador, amplificar este sinal para o nível de tensão estipulado de 10V e colocar um filtro passa baixa para converter esta tensão chaveada em uma tensão média.

A segunda opção permite a escolha de um microcontrolador mais baixo custo para os dispositivos, necessitando somente de uma saída PWM.

Considerando uma tensão de alimentação do microcontrolador de 5V e uma queda de tensão no diodo de saída de 0,6V, calculou-se os componentes para serem aplicados em um amplificador operacional, onde o ganho deve ser 2,12 para que a saída chegue aos 10V relativos ao 100% do PWM. Será utilizado um amplificador operacional não inversor, que seu ganho é definido pela equação 1 (BOYLESTAD, 2004).

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{12k\Omega}{10k\Omega} = 2,2 \quad (1)$$

Para o circuito do filtro passa baixa serão utilizados componentes passivos, um resistor e um capacitor em série, para converter a tensão chaveada em uma tensão média. Através da equação 2 é possível obter os valores de resistência e capacitância de acordo com a frequência de corte (BOYLESTAD, 2004).

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R * C} \quad (2)$$

$$RC = \frac{1}{2 * \pi * F_c} \quad (3)$$

$$RC = \frac{1}{2 * \pi * 10Hz} \quad (4)$$

$$RC = 1,59 * 10^{-2} \quad (5)$$

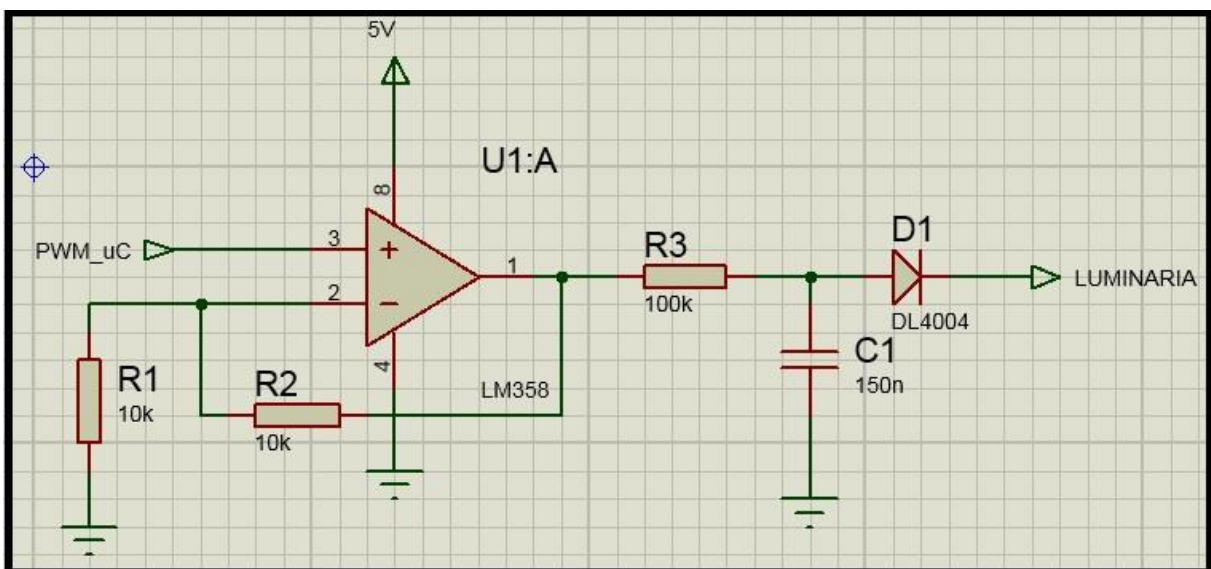
Então estipulou-se um valor comercial dentro da série E-12 de resistores de 100k $\Omega$  e definiu-se o valor do capacitor, conforme equação 6.

$$C = \frac{1,59 * 10^{-2}}{100k} = 159nF \quad (6)$$

Adotou-se o valor comercial de 150nF para este capacitor.

A Figura 12 mostra o circuito a ser aplicado na saída de PWM do microcontrolador para controle da luminária LED. Considerando um ciclo de trabalho do PWM de 100%, ou seja a tensão de entrada aplicada é de 5V, a tensão na saída do amplificador operacional será de 11V. Devido à saída LUMINARIA ser uma saída externa, ou seja, de acesso externo ao produto, é empregado um diodo de proteção impedindo que tensões elevadas possam danificar o amplificador operacional. Então, a saída do dispositivo entrega a tensão de 11V diminuídos de aproximadamente 0,6V da queda de tensão da barreira de potencial do diodo, ou seja 10,4V garantindo o controle da lâmpada LED externa.

Figura 12 - Circuito PWM



Fonte: DO AUTOR (2015)

#### 2.4 MEIO DE COMUNICAÇÃO ENTRE DISPOSITIVOS E GATEWAY

A Internet das Coisas surge como um conceito de inovação tecnológica aplicada ao cotidiano, tornando mais cômodas as tarefas diárias como também abrindo um grande leque de benefícios ganhos. Sua implantação não poderia ser diferente. Uma das premissas dos dispositivos de sensoriamento e atuação é sua conectividade sem fio com o *gateway* do sistema, permitindo uma instalação rápida sem a necessidade de cabos.

Segundo a STMicroelectronics (2015) conectividade sem fio de baixo consumo representa um fator chave da tecnologia para conectar objetos inteligentes na internet e na nuvem. Dependendo da necessidade da aplicação, diferentes *hardwares* podem ser empregados para montar a topologia da rede.

A seguir elenca-se algumas premissas para a busca da tecnologia de comunicação sem fio entre dispositivos de sensoriamento e atuação e o *gateway* do sistema.

- ✓ Baixo consumo de energia: O consumo de energia da comunicação sem fio deve ser o mais baixo possível para permitir que sensores funcionem a bateria;
- ✓ Área de cobertura do sinal compatível com uma residência: A tecnologia a ser empregada deve abranger toda a área de uma residência, permitindo a instalação em qualquer cômodo ou até mesmo no lado de fora;
- ✓ Baixo custo: devido ao fato de poder existir vários dispositivos em uma só residência, seu custo não pode ser elevado, pois inviabilizaria todo o investimento. Então, a comunicação sem fio destes dispositivos não pode encarece-los, mas sim tornar possível sua implementação com base na IoT;

Segundo BOLZANI (2004) no ambiente residencial, muitas soluções proprietárias têm sido usadas para possibilitar a comunicação entre dispositivos inteligentes com o propósito de comando remoto, eliminando os fios e tornando mais flexível e prático o uso desses equipamentos. Portanto, a definição da tecnologia empregada na comunicação sem fio não tem como premissa ser um padrão mundial, ou então ter que permitir que dispositivos de outras empresas consigam comunicar-se com o *gateway*, mas sim pode ter uma solução proprietária que atenda aos requisitos pré-estabelecidos.

Analisou-se algumas tecnologias de comunicação sem fio e intencionalmente iniciou-se pela tecnologia IEEE 802.11, mais conhecida por WiFi, pois o *gateway* já se comunica com a rede residencial via WiFi, porém é necessário avaliar suas vantagens e desvantagens, como também outras tecnologias existentes tais como Bluetooth, Zigbee e Sub-Ghz.

#### **2.4.1 WiFi (IEEE 802.11)**

O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) é uma organização formada por engenheiros e profissionais, sem fins lucrativos, com o objetivo de criar padrões abertos na comunicação sem fio.

A WiFi é uma das tecnologias candidatas para aplicação na Internet das coisas segundo STMicroelectronics (2015). Ela já oferece suporte ao protocolo TCP/IP, que atualmente conecta bilhões de dispositivos ao redor do mundo na Internet. Os dispositivos podem ser conectados à Internet através de um ponto de acesso WiFi e podem ser monitorados e controlados diretamente de equipamentos do cotidiano, como *Smartphones* e computadores.

Segundo BOLZANI (2004) o padrão IEEE 802.11 se refere a uma família de especificações sobre a tecnologia *wireless* LAN. Este padrão é subdividido em:

- 802.11: aplica às *Wireless* LANs, com taxas de 1 ou 2 Mbps, frequência de 2.4 GHz usando o método de transmissão FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) ou DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*).
- 802.11a: *Wireless* LAN que provê até 54 Mbps em 5 GHz. Utiliza o esquema OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) ao invés do FHSS ou DSSS. É incompatível com o 802.11b, devido à sua frequência de trabalho.
- 802.11b: *Wireless* LAN também chamada de 802.11. *High Rate* ou WiFi, provê taxas de transmissão de até 11 Mbps, operando a 2.4 GHz e utiliza somente o esquema de codificação DSSS. O 802.11b é uma extensão do 802.11 permitindo um funcionamento comparável às redes *Ethernet*. Segundo TANENBAUM (2003) o padrão 802.11b tem um alcance cerca de sete vezes maior que o 802.11a, o que é mais importante em muitas situações.
- 802.11g: *Wireless* LAN que provê taxas de até 54 Mbps, operando na frequência de 2.4 GHz. Este padrão é compatível com o 802.11b.
- 802.11n: *Wireless* LAN que provê taxas entre 150 a 600 Mbps. Este padrão trabalha na frequência de 2.4 GHz e/ou 5 GHz. Atualmente é o mais comercializado em produtos eletrônicos.

Um fator positivo para esta tecnologia é que já existe toda uma infraestrutura construída com base na WiFi, residências, empresas, lugares públicos vários lugares onde já existe esta rede com conexão à Internet, portanto tornando fácil e versátil sua aplicação.

#### **2.4.2 Bluetooth**

A tecnologia Bluetooth é baseada no padrão IEEE802.15 e é gerenciada pelo *Special Interest Group* (SIG) que as especificações de desenvolvimento definindo os padrões da comunicação.

Segundo STMicroelectronics (2015) a tecnologia de conexão sem fio Bluetooth trabalha na frequência de 2.4GHz até 2.485GHz, que é a banda reservada para aplicações industriais, científicas e médicas (ISM), então compartilhando a mesma banda com outras tecnologias existentes. Para não haver colisões com outros sinais, o Bluetooth utiliza uma técnica de mudança adaptativa de frequência (AFH), garantindo sua imunidade a interferências de outros dispositivos.

Existem duas especificações para esta tecnologia, o Bluetooth 3.0 e o Bluetooth 4.1, também chamado de Bluetooth Low Energy. A Tabela 3 mostra as diferenças entre as duas especificações.

Tabela 3 - Comparativo entre Bluetooth 3.0 e Bluetooth 4.1

Característica	Bluetooth Clássico	Bluetooth Low Energy
<b>Consumo</b>	Entre 1mA e 30mA	Entre 1 $\mu$ A e 15 mA
<b>Taxa de dados sem fio</b>	1 a 3 Mbit/s	1 Mbit/s
<b>Alcance típico</b>	30 m	50 m
<b>Potência de Transmissão Máxima</b>	+20 dBm (Classe 1) +4 dBm (classe 2)	+8 dBm
<b>Canais RF</b>	79	40
<b>Tempo de Conexão</b>	100 ms	3 ms
<b>Máximo Tamanho de Pacotes</b>	2875 $\mu$ s = 1021 Bytes	328 $\mu$ s = 27 Bytes
<b>Encriptação</b>	Safer+	AES-128

Fonte: Adaptado de STMicroelectronics (2015)

Pode-se verificar que o Bluetooth 4.1 é muito superior ao Bluetooth 3.0. Seu consumo está entre 1 $\mu$ A (no modo *sleep*) e 15mA (quanto transmite dados), seu alcance compreende uma distância de até 50m ao ar livre, é muito mais rápido para parear com outro dispositivo, apenas 3ms e sua encriptação é baseada no AES-128, uma tecnologia de encriptação muito utilizada por ser muito difícil de invadi-la. O único ponto que é inferior quando comparado ao padrão anterior é a sua taxa de transferência de dados, que está limitada a 1 Mbit/s, mas que para aplicações da Internet das Coisas, onde não se tem uma grande quantidade de dados trafegando entre dispositivos, não é característica negativa para a tecnologia.



### 2.4.3 Zigbee

A tecnologia Zigbee é um padrão baseado para soluções de monitoramento remoto, controle e sensoriamento criado para se ter um bom custo benefício, baixas taxas de transferência, baixo consumo e segurança. Segundo TEXAS INSTRUMENTS (2015) baseada em uma topologia de rede MESH, ela foi criada com conceito de descentralização, ou seja, se ocorrer um problema em algum nó da conexão, a própria rede busca outros caminhos para entregar os pacotes, tornando uma rede sem fio robusta.

O padrão *Zigbee* foi concebido pela *Zigbee Alliance*, uma associação de grandes empresas do ramo de tecnologia liderada pela Philips que tinham o objetivo de criar uma solução para WPANs (*Wireless Personal Area Network*) com baixo custo e baixo consumo de energia.

Segundo ESCHNER (2011) o *Zigbee* utiliza a norma IEEE 802.15.4, homologada em maio de 2003, como camada física e camada de acesso, onde é proposta uma comunicação entre dispositivos sem fio com baixa taxa de transferência. Esta taxa de transferência opera em uma velocidade compreendida entre 20 kbps e 250kbps segundo BOLZANI (2004) e com um alcance de até 100 metros. Esta tecnologia opera na banda de frequência de 2.4Ghz, compreendida no ISM. Segundo TEXAS INSTRUMENTS (2015) seu consumo de energia pode chegar a 155mA quando transmitindo dados em sua máxima potência e 0,1 $\mu$ A no modo *sleep*.

Segundo BOLZANI (2004) o *Zigbee* utiliza pouco processamento, o que permite sua implementação em um microcontrolador de 8 bits com 10kB de memória para o código. Isto justifica seu baixo consumo, pois além de necessitar de pouco processamento, o que reduz a energia envolvida em seu funcionamento, pode ficar períodos com inatividade da rede, gerando uma economia de energia.

### 2.4.4 Sub-1Ghz

Como o próprio nome diz, esta forma de comunicação compreende frequências de trabalho abaixo de 1Ghz, o que aumenta significativamente o alcance da rede e diminui o consumo. Segundo STMicroelectronics (2015) o ponto negativo desta tecnologia é que ela requer um processo de certificação menos guiado como da frequência de 2.4Ghz, como por exemplo WiFi e Bluetooth. Isto significa que para fazer um projeto com frequências da casa do Sub-1Ghz é necessário elevado conhecimento em sinais de rádio frequência (RF) e ainda

solicitar homologação junto aos órgãos do país que irá utilizar o produto, no caso do Brasil junto a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Devido a este fato, vários fabricantes de semicondutores disponibilizam soluções proprietárias para esta tecnologia, evitando todos os processos burocráticos da certificação, como também diminuindo a complexidade de projeto. Para ser possível avaliar quantitativamente esta tecnologia, será elencada uma solução da STMicroelectronics chamada SPIRIT1.

Segundo o fabricante esta tecnologia trabalha em várias bandas de frequência compreendidas entre 150MHz a 956MHz, com potência de transmissão de até 16dBm. Na Tabela 4 é possível verificar o consumo desta tecnologia no momento de transmissão e recepção de dados, como também sua corrente quando em modo *shutdown*.

Tabela 4 - Características elétricas do Sub-1GHz ST

Recebimento	9 mA
Transmissão	21 mA [@+11 dBm]
Shutdown	2,5 nA
Sensibilidade de Recebimento	-121 dBm (@1,2 Kbps - 1% BER)

Fonte: Adaptado de STMicroelectronis (2015)

No modo *shutdown*, que é onde o circuito de comunicação sem fio é desligado pelo microcontrolador, esta solução tem somente 2,5nA de consumo. Outro ponto importante é a sensibilidade de recepção do rádio transmissor, pois de nada serve ter uma alta potência de transmissão e uma pequena sensibilidade para recepção dos sinais. Esta solução oferece uma taxa de transferência de até 500 kbps e se comunica via UART com o microcontrolador.

#### 2.4.5 Definição do tipo de comunicação sem fio

A Tabela 5 apresenta uma comparação entre as tecnologias sem fio existentes, aplicáveis aos usuários domésticos, elencando características como topologia da rede, consumo, velocidade de transferência de dados, cobertura de alcance, aplicações típicas e conceito de custo.

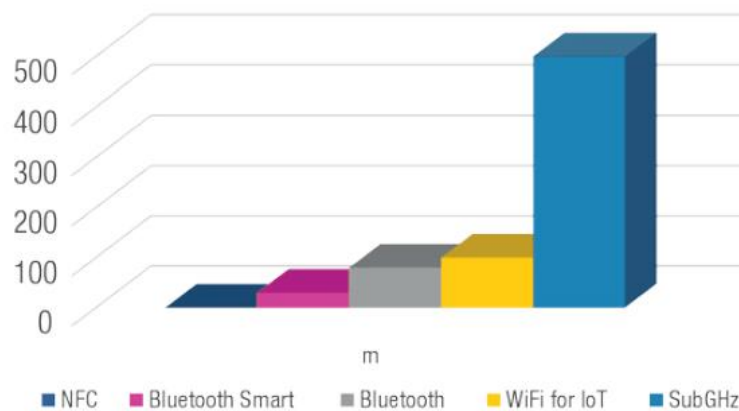
Tabela 5 - Comparativo entre tecnologias sem fio

	<b>Bluetooth 3.0</b>	<b>Bluetooth Smart</b>	<b>Sub-1GHz</b>	<b>WiFi</b>	<b>Zigbee</b>
<b>Tipo de Rede</b>	PAN	PAN	LAN	LAN	LAN
<b>Topologia</b>	P2P, Estrela	P2P, Estrela	Estrela, Mesh	P2P, Estrela	Mesh, Estrela
<b>Consumo</b>	Baixo	Muito Baixo	Extremamente Baixo	Relativamente Alto	Muito Baixo
<b>Velocidade</b>	700 kbps	1 Mbps	250 kbps	11 - 100 Mbps	250 kbps
<b>Cobertura</b>	< 30m	5 - 10m	400m	100m	100m
<b>Custo</b>	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Médio

Fonte: Adaptado STMicroelectronics (2015)

Com base nas premissas levantadas no início do capítulo para a comunicação sem fio entre os dispositivos e o *gateway*, a seguir é exposto as comparações entre as tecnologias apresentadas. A Figura 13 mostra a relação entre os alcances de cada tipo de comunicação.

Figura 13 - Alcance Típico das redes sem fio (em metros)

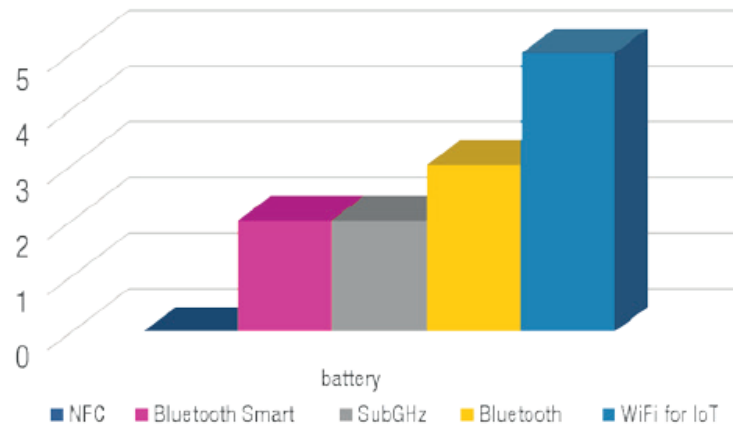


Fonte: STMicroelectronics (2015)

Pode-se verificar que a última tecnologia apresentada, o Sub-1GHz, possui mais de 4 vezes mais alcance de sinal do que a WiFi, que está em segundo lugar. A tecnologia Zigbee, conforme apresentado anteriormente, compreende um alcance de até 100 metros, permanecendo ainda o Sub-1GHz como melhor alternativa.

No quesito de consumo é apresentado a Figura 14 que expõe a relação de consumo entre as tecnologias numa escala de 0 a 5, onde 5 significa o maior consumo e 0, o menor.

Figura 14 - Consumo típico das Redes sem Fio



Fonte: STMicroelectronics (2015)

Quanto mais próximo de zero menor é o consumo da tecnologia. Pode-se verificar que dentre as soluções estudadas o Bluetooth Smart e o Sub-1GHz possuem o menor consumo de energia, seguido pelo Bluetooth 3.0 e a WiFi. Neste quesito elenca-se o Bluetooth Smart e a rede Sub-1GHz.

A Tabela 6 apresenta um comparativo de custo onde elencou-se um circuito integrado para cada solução e com base no fornecedor Farnell Newark (2015) os custos envolvidos de cada um.

Tabela 6 - Comparativo de custos das soluções sem fio

CC3100R11MRGC	TI	WiFi	\$14,74
BlueNRG-MS	ST	Bluetooth Smart	\$2,05
CC2520	TI	Zigbee	\$3,68
SPIRIT1	ST	Sub-1GHz	\$1,64

Fonte: DO AUTOR (2015)

Com base nos estudos realizados sobre as principais tecnologias existentes de comunicação sem fio define-se o meio de comunicação entre os dispositivos de sensoriamento e atuação e o *gateway* do sistema através da tecnologia Sub-1GHz, pois ela compreende a maior área de cobertura dentre as soluções com o menor custo de aquisição.

Definidas todas as necessidades que os dispositivos de sensoriamento e atuação devem ter, é possível elencar todos os periféricos que o microcontrolador deve possuir para atender a cada necessidade.

## 2.5 DEFINIÇÃO DO MICROCONTROLADOR

Para a escolha do microcontrolador levanta-se algumas características necessárias para atender aos requisitos deste trabalho.

- ✓ 4 Canais PWM;
- ✓ 1 Conversor analógico digital (AD);
- ✓ 2 UART;
- ✓ Baixo custo;

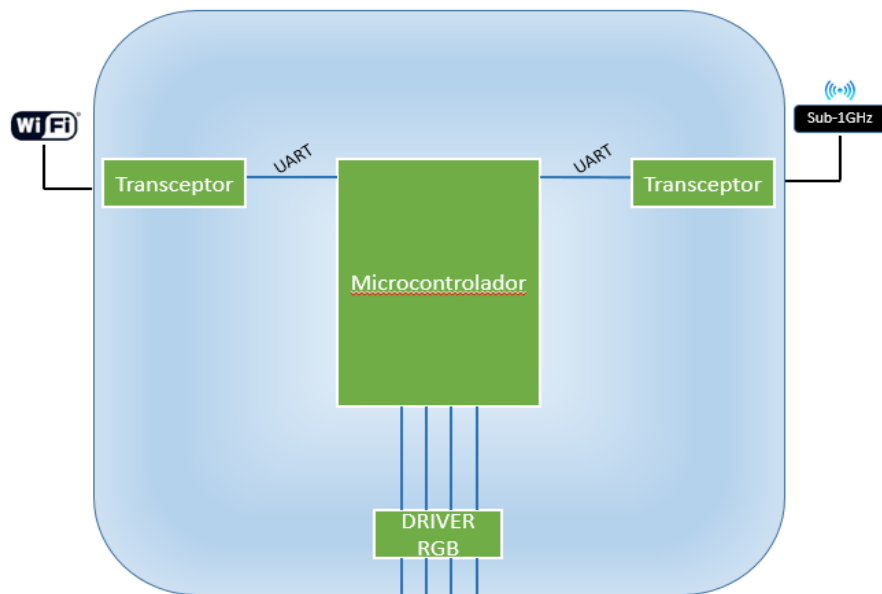
Estas características foram levantadas com base nos dois tipos de dispositivos, ou seja, para o *gateway* do sistema e o sensor de presença e a luminária. Pesquisou-se opções de microcontroladores entre os fabricantes MICROCHIP, ST Microelectronics e TEXAS e o que se mostrou mais competitivo foi o STM8S207CB da ST Microelectronics, custando aproximadamente USD 1,47 segundo FARNELL NEWARK (2015). Este microcontrolador possui até 24 MHz de processamento, 2 UARTs, SPI, I<sup>2</sup>C, 10-bit ADC e até 4 *timers* para configuração de PWM. Portanto, para as aplicações nestes dispositivos este microcontrolador apresentou a melhor relação custo-benefício.

Para o desenvolvimento do sistema será utilizado outro microcontrolador em uma plataforma de desenvolvimento de mercado, que será apresentada no capítulo 3.

## 2.6 GATEWAY DO SISTEMA

Este dispositivo terá a função de interligar os sensores e atuadores com a rede WiFi da residência. A Figura 15 apresenta um diagrama de blocos interno para o *gateway*.

Figura 15 - Diagrama de Blocos do Gateway



Fonte: DO AUTOR (2015)

O usuário irá acessar os dispositivos através da WiFi do *gateway*. Os dados recebidos pela WiFi serão encaminhados para o microcontrolador através da comunicação serial RS-232 e então processados. Se o dado estiver endereçado para algum dispositivo presente na rede Sub-1GHz o microcontrolador encaminha para o transceptor desta tecnologia via comunicação serial RS-232. Da mesma forma, se este dado for uma solicitação da temperatura, por exemplo, o dispositivo de sensoriamento encaminha para o *gateway* o dado e este encaminha para quem o solicitou da rede WiFi. Se o dado for endereçado para o próprio *gateway* para o controle da luminária RGB, este recebe os dados da WiFi, retira do protocolo os comandos e os executa. O protocolo será definido no capítulo 2.8.

O *gateway* do sistema é o mestre da automação residencial, ou seja, ele é o responsável por todo o processamento e tomada de decisões, como por exemplo acionar o alarme quando o sensor de movimento é acionado, ou ainda fazer as simulações de ocupação da casa quando a família está viajando, ligando e desligando luzes aleatoriamente. Nele que se encontram todas as configurações referente ao conforto, segurança e outros pontos já apresentados da Internet das Coisas, portanto os dispositivos de sensoriamento e atuação são os escravos do sistema, não carregando configurações, mas sim enviando os estados dos sensores e atuando quando os comandos forem recebidos.

Desta forma, são previstas algumas tarefas para o *gateway*, conforme listadas a seguir.

### 2.6.1 Tarefas do *Gateway*

As tarefas descritas a seguir são configuráveis através do aplicativo para *Smartphone*.

#### 2.6.1.1 Inatividade no ambiente

Ao acionar esta funcionalidade, o *gateway* passa a monitorar o sensor de presença e se, após o tempo programado, o sensor não detectar nenhum movimento no ambiente, a lâmpada LED é desligada, para então economizar energia. Esta é uma ferramenta programável, pois não são todas as situações em que quando não se tem movimento que a lâmpada pode apagar, como por exemplo se o usuário está lendo um livro, o sensor não irá detectar movimento, mas a luz não poderá desligar. Ao detectar movimentação novamente, a lâmpada LED é ligada automaticamente.

#### 2.6.1.2 Controle proporcional da lâmpada LED

Quando ativado, o dispositivo que possui o sensor de luminosidade e controle para luminária LED analisará a intensidade de luz do ambiente e fará a compensação automática de acordo com a luz ambiente, ou seja, quanto mais luz externa entrar no ambiente, menor será a potência aplicada na lâmpada LED. Este controle será feito no próprio dispositivo, mas caberá ao *gateway* enviar o comando ativando esta funcionalidade.

#### 2.6.1.3 Função Alarme

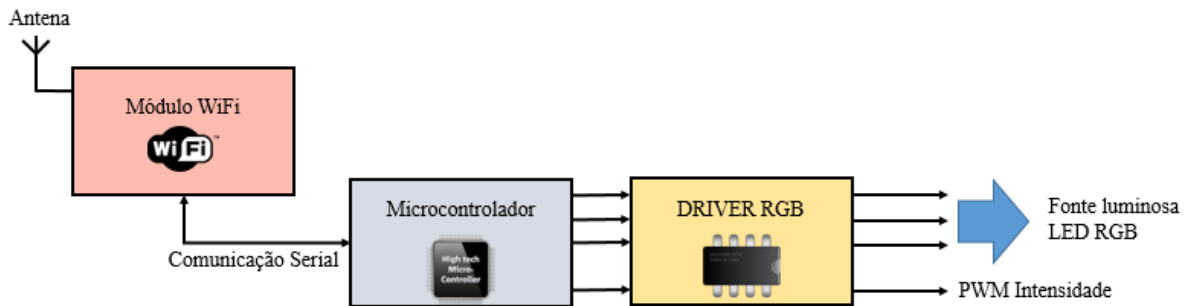
Nesta função, o *gateway* do sistema monitora o sensor de movimento. Quando é detectado movimento, o *gateway* envia rapidamente um aviso para o *Smartphone* do usuário alertando que existe movimentação na residência. Este aviso é enviado através da Internet, portanto é necessário que o *Smartphone* esteja conectado para receber em tempo real este aviso.

### 2.6.2 Luminária RGB

O *gateway*, além de executar as funções próprias dele, que são de intermediar as duas redes sem fio, também possui uma luminária LED RGB, onde é possível configurar qualquer cor para ser exibida em qualquer intensidade luminosa. O *driver* RGB é responsável por receber os comandos de acionamento de 4 canais PWM do microcontrolador, 3 para cada cor

(vermelho, verde e azul) e outro para controlar a intensidade luminosa, e então executar um chaveamento de transistores para elevar a capacidade de corrente. A Figura 16 apresenta um diagrama de blocos específico para o controle da luminária LED RGB.

Figura 16 - Diagrama de Blocos Luminária RGB



Fonte: DO AUTOR (2015)

### 2.6.3 Módulo de Comunicação WiFi

Para executar a comunicação WiFi entre o *gateway* e o roteador sem fio residencial empregou-se o módulo RN171-I/RM do fabricante Microchip devido a disponibilidade do autor com este módulo.

O módulo *Wireless* RN171-I/RM trabalha no padrão IEEE 802.11 b/g, possui 14 pinos de entrada e saída para uso geral, sendo destes 4 pinos compartilhados com a *Universal asynchronous receiver/transmitter* (UART) e conta ainda com 8 entradas analógicas para sensores de temperatura. Possui comunicação serial para interligação com o microcontrolador e potência de transmissão de 0 a 12dBm. Na transmissão de dados, ele consome cerca de 120mA e na recepção, 40mA. Atinge 54 Mbps no modo 802.11g e opera na tensão de 3,3V.

A Figura 17 mostra a imagem do componente físico.



Figura 17 - Módulo Wireless RN171-I/RM



Fonte: MICROCHIP (2015)

Este módulo *wireless* possui a camada TCP/IP integrada ao módulo, ou seja, não é necessária aplicação no microcontrolador para este *driver*, sendo necessária somente a comunicação serial. Isto permite que o microcontrolador seja mais simples, não necessitando de tanta memória flash e de comunicação *Serial Peripheral Interface* (SPI).

#### 2.6.3.1 Configurando a Rede Wireless no Gateway

Como o objetivo deste trabalho é projetar uma solução para a área da automação residencial pensando em um produto, sendo totalmente prático para o usuário final, define-se também a forma de configuração da rede WiFi no *gateway*, já que cada usuário terá sua rede doméstica com diferentes nomes (SSID) e diferentes senhas de acesso. Portanto o *gateway* terá de possuir uma forma de configuração da rede dinâmica, ou seja, o usuário poderá configurar a sua própria rede.

Esta configuração será feita através do próprio *Smartphone* do usuário e do aplicativo do sistema. O *gateway* terá uma tecla que, quando pressionada por mais de 5 segundos, faz com que ele entre em modo configuração. Neste modo, o módulo *wireless* para de funcionar no modo *Access Point* (AP), criando uma rede para o usuário se conectar com seu *Smartphone* e então colocar os dados da sua rede residencial. A rede a ser criada será com as configurações da Tabela 7.

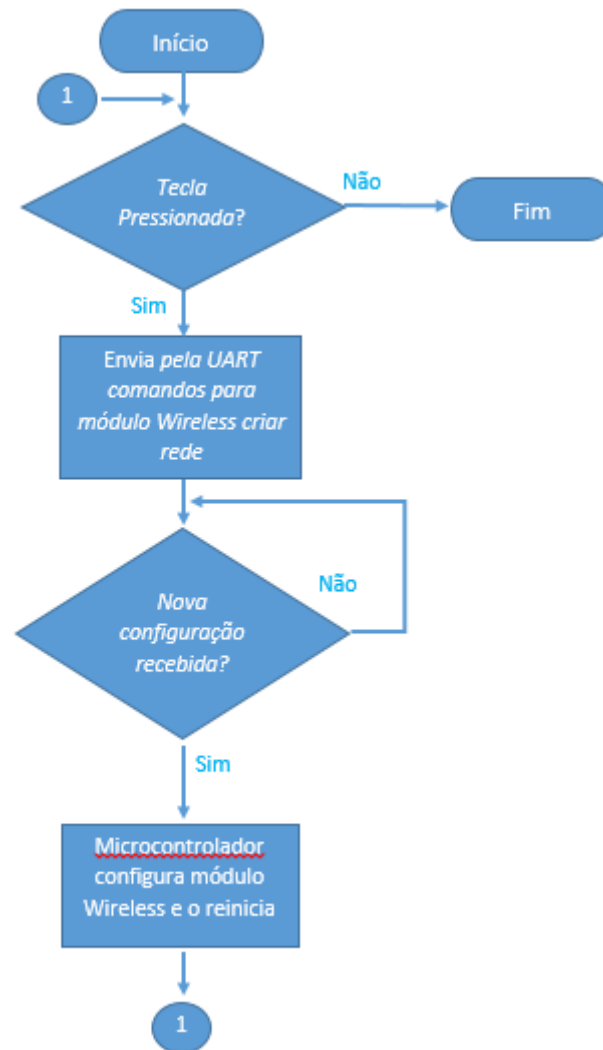
Tabela 7 - Módulo Wireless Modo Configuração

SSID	SmartHome
Senha	Automacao
IP do módulo	192.168.1.1
Máscara da Sub Rede	255.255.255.0
DHCP	Ativado

Fonte: DO AUTOR (2015)

Devido ao DHCP ser ativado neste modo, no momento em que o usuário conectar seu *Smartphone* nesta rede criada, ele imediatamente receberá um IP válido para então o aplicativo se comunicar com o *gateway*. O aplicativo terá um campo para ser informado que o usuário quer configurar a rede, então serão solicitados os dados através do aplicativo, o usuário irá inseri-los e será enviado para o *gateway*. Neste momento, o microcontrolador receberá estes dados, forçará o módulo *wireless* a reiniciar e aplicará as configurações conforme o usuário inseriu. Caso o módulo *wireless* consiga se conectar na rede residencial o aplicativo informará ao usuário que já está disponível para uso. Caso os dados da rede não foram válidos, o aplicativo informará ao usuário que os dados foram inválidos e que deverá verificá-los e tentar novamente. A Figura 18 apresenta o fluxograma para esta configuração.

Figura 18 - Fluxograma para configuração da Rede Wireless



Fonte: DO AUTOR (2015)

### 2.6.3.2 Configurando a Rede Sub-1GHz no Gateway

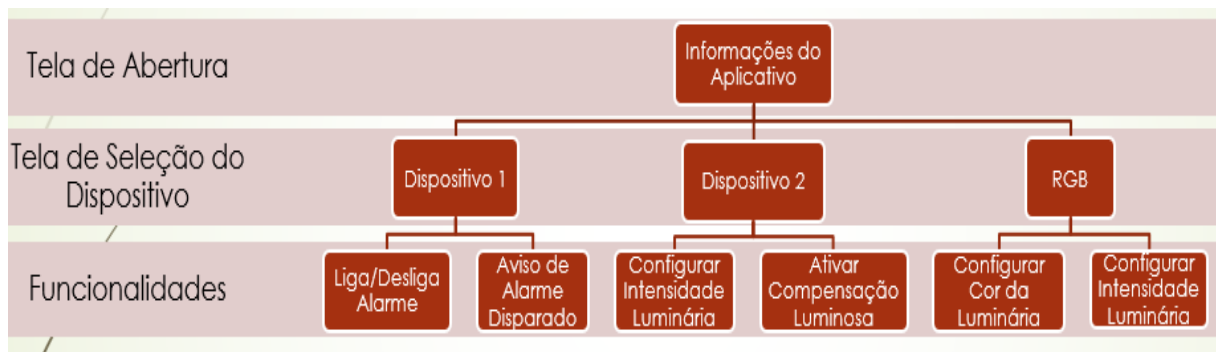
Assim como o *gateway*, os dispositivos da rede sub-1GHz também devem possuir uma forma fácil de configuração no sistema. Para fazer o pareamento do dispositivo, ou seja, configurá-lo na rede será utilizado o *Smartphone* para habilitar a descoberta do *gateway*, onde ele fica monitorando novos dispositivos. Neste momento, deve-se pressionar a tecla de programação do dispositivo a ser adicionado na rede, que então o *gateway* pode identificá-lo e adicioná-lo à rede sub-1GHz.

## 2.7 APLICATIVO PARA SMARTPHONE

O aplicativo para o *Smartphone* será a interface entre o usuário e os dispositivos espalhados pela residência. Através dele será possível controlar funções como ligar e desligar luminárias, monitorar a presença de pessoas na residência e muitas outras funcionalidades elencadas anteriormente.

A Figura 19 apresenta uma estrutura para o aplicativo.

Figura 19 - Estrutura Aplicativo Smartphone



Fonte: DO AUTOR (2015)

Primeiramente tem-se uma tela de abertura, com os dados do trabalho. Após, tem-se 3 ícones correspondentes aos 3 dispositivos criados, onde o usuário poderá escolher qual deseja monitorar ou configurar. Então, cada dispositivo possui suas configurações pertinentes ao seu *hardware* em específico, podendo ser somente uma tela de monitoramento ou então uma tela de configurações, ou ainda ambas.

O aplicativo para *Smartphone*, conforme um dos objetivos especificados no trabalho, deverá ser capaz de comunicar-se com o sistema tanto via rede WiFi, sendo esta a rede doméstica do usuário, quanto via Internet.

## 2.8 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

A proposta do trabalho é criar um sistema com aplicação na Internet das Coisas, visado à automação residencial, onde a comunicação entre dispositivos é crucial para a execução de tarefas. Segundo KUROSE (2013) é necessário que duas ou mais entidades comunicantes executem o mesmo protocolo para que uma tarefa seja realizada, ou seja, elas devem ter o mesmo formato de mensagem. Para este trabalho, tem-se a comunicação da rede

sub-1GHz que deve implementar um protocolo de comunicação entre seus dispositivos, como também a rede WiFi.

Existem dois tipos de protocolos de comunicação para se implementar em sistemas. Uma opção é o protocolo padronizado, que é baseado em normas criadas por grupos ou empresas com o objetivo de ter um protocolo que vários usuários possam utilizar simplesmente olhando a documentação. Em outras palavras, serve para que diferentes fabricantes possam criar produtos que consigam comunicar-se com de outros fabricantes. A outra opção é o protocolo proprietário, que é criado pela empresa ou entidade que irá utilizá-lo, mas que somente eles tem o conhecimento deste protocolo. A seguir explica-se suas vantagens e desvantagens.

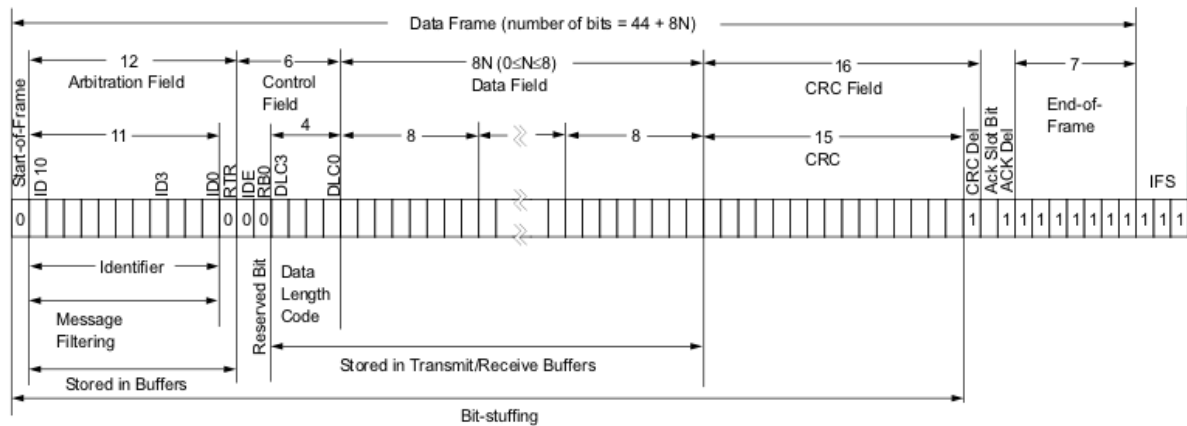
Segundo ASH WIRELESS TECHNOLOGY (2015), protocolos padronizados geralmente são uma boa escolha considerando novos sistemas *wireless* pela rápida implementação, porém podem não servir corretamente para a aplicação alvo. Os protocolos padronizados geralmente preveem uma vasta gama de aplicações, tendo um protocolo consideravelmente grande, porém muitas vezes não conseguem suprir a todas necessidades do usuário. Então o que deveria ser uma aplicação simples pode se tornar muito complexa para implementar as necessidades não previstas no protocolo padrão.

Protocolos proprietários são projetados para atender especificamente uma aplicação, o que favorece ao rendimento da rede, porém tem um custo maior de desenvolvimento e implementação segundo ASH WIRELESS TECHNOLOGY (2015). Em contra partida ao custo de desenvolvimento, mostra-se um ganho o *hardware* a ser aplicado em um protocolo proprietário, que poderá ser de menor custo devido a um protocolo mais simples.

Com base nestas informações dos protocolos, define-se por utilizar um protocolo proprietário para as redes sem fio, pois permite um custo menor ao *hardware* final utilizado, como também soluções voltadas exatamente para o sistema proposto, onde as informações trafegadas na rede são realmente as necessárias.

Para criar o protocolo proprietário utilizou-se como base o protocolo de comunicação *Controller Area Network* (CAN) criado pela empresa alemã BOSCH para aplicações em veículos, devido a sua funcionalidade durante muitos anos e também por domínio do autor. O *frame* de comunicação deste protocolo é descrito na Figura 20.

Figura 20 - Protocolo CAN



Fonte: ROBERT BOSCH GmbH (1991)

Este protocolo prevê um início de mensagem (*Start-of-Frame*), um cabeçalho para identificação do componente que está enviando a mensagem, identificação do componente de destino que irá receber a mensagem, o tamanho de quantos *bytes* serão enviados de dados, um campo para verificar a integridade dos dados (*CRC*), identificador de reconhecimento de mensagem (*Acknowledge*) e o campo indicando fim da mensagem (*End-of-Frame*).

Então, baseado nos conceitos aplicados ao protocolo CAN, definiu-se o protocolo a ser utilizado para nas duas redes sem fio do sistema, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Protocolo de Comunicação

1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte
Início de Frame	Dispositivo de Origem	Dispositivo de Destino	Tamanho de Dados (n)	Data [1]	Data [2]	...	Data [n]	Reconhecimento	CRC	Fim de Frame

Fonte: DO AUTOR (2015)

Abaixo explica-se cada campo:

- **Início de Frame:** Decidiu-se aplicar não somente um *bit*, mas sim um *byte* de início de mensagem para garantir maior robustez ao protocolo e assim definiu-se o valor hexadecimal 0xAA. Ao olhar digitalmente este valor é possível observar que é formado por uma mudança sequencial de zero e um, garantindo uma maior imunidade à ruídos;

- Dispositivo de Origem: Contém o endereço do dispositivo que enviou a mensagem. Cada dispositivo, ao se cadastrar na rede, recebe um número identificador de cadastro do *gateway*, logo após ao pareamento, que então é armazenado pelo dispositivo e sempre utilizado em suas comunicações. Pode-se prever até 255 dispositivos na rede;
- Dispositivo de Destino: Contém o endereço do dispositivo para quem irá a mensagem, que é utilizado pelo *gateway* para encaminhá-las;
- Tamanho de Dados: Indica quantos dados serão transmitidos no *frame*. Utilizou-se este parâmetro para futuras aplicações que necessitem de uma maior quantidade de dados, mas inicialmente 4 bytes foram suficientes para implementação do sistema;
- Dados: Contém dados de controle e monitoramento do sistema;
- Reconhecimento: Indica ao dispositivo que enviou o *frame* que o dispositivo de destino recebeu o *frame* corretamente;
- CRC: Contém um *byte* que é a operação lógica XOR para todos os bytes do *frame*, com exceção do *byte* Fim do *Frame*. Este valor é criado pelo dispositivo que está enviando o *frame* e feito pelo dispositivo que o recebeu. Se os dois valores forem iguais então a integridade dos dados foi garantida, agora se forem diferentes, houve algum problema na comunicação e através do *byte* Reconhecimento, é solicitado novamente o *frame*.
- Fim do *Frame*: Da mesma forma que o Início de *Frame*, utilizou-se a mesma teoria, porém com a sequência inversa dele, resultando no valor hexadecimal 0x55.

A Tabela 9 mostra o que cada dado de cada dispositivo contém para efetuar o monitoramento e os comandos do sistema.

Tabela 9 - Definições dos dados dos dispositivos

	<b>Dispositivo 1</b>	<b>Dispositivo 2</b>	<b>HUB</b>
<b>Dado 1</b>	Estado Sensor	PWM	PWM Vermelho
<b>Dado 2</b>	Ligar Alarme	Intensidade Luminosa	PWM Verde
<b>Dado 3</b>	NA	NA	PWM Azul
<b>Dado 4</b>	NA	NA	PWM Intensidade

Fonte: DO AUTOR (2015)

Os valores de PWM e Intensidade Luminosa estão contemplados em uma escala de 0 a 100, para serem corretamente interpretados na faixa de 0 a 100%. Os dados Estado Sensor e Ligar Alarme consideram o valor 1 para ligado e 0 para desligado. Os campos com NA não estão sendo utilizados pelo dispositivo.

### **2.8.1 Segurança do Protocolo**

Segundo HEWLETT-PACKARD (2014) tudo desde refrigeradores até hidrômetros estão se tornando conectados e disponíveis na rede, resultando em uma vida mais fácil, porém também abrem possibilidades de ataques de *hackers* e invasões de privacidade. Esta nova tendência da *Internet das Coisas*, onde tudo está disponível em qualquer lugar do mundo, permitiu que novos ataques surgissem nas redes domésticas, deixando a residência do usuário suscetível a problemas.

Ainda segundo HEWLETT-PACKARD (2015) 70% dos dispositivos utilizam serviços de comunicação não encriptados, o que torna ainda mais fácil a intrusão de *hackers* no sistema. Com base neste dado, sugere-se para aplicações futuras a implementação de uma encriptação no protocolo de comunicação, para que o sistema fique mais imune aos ataques de *hackers* e que o usuário possa garantir a segurança de sua residência.



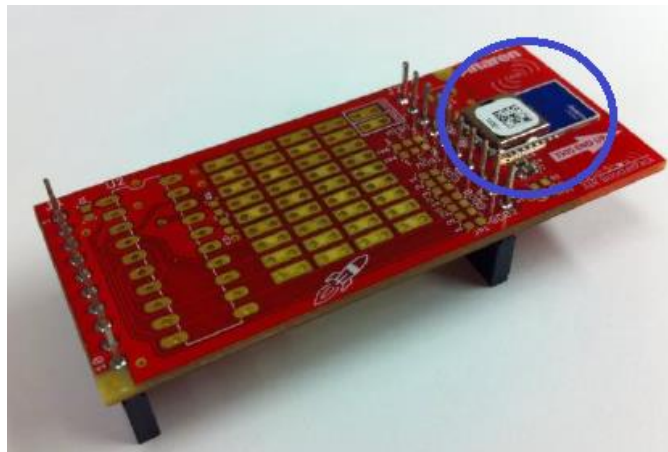
### 3 IMPLEMENTAÇÃO

Com base nos referenciais teóricos, iniciou-se o desenvolvimento do sistema proposto. Realizou-se uma análise superficial de qual parte da implementação que demandaria o maior esforço e o maior tempo e concluiu-se que seria a rede sub-1GHz, por ser algo não trabalhado no curso e de não domínio do autor. Então, com base nesta análise, iniciou-se a parte prática do trabalho na rede sub-1GHz para torna-la operativa.

#### 3.1 REDE SUB-1GHZ

Para testar toda a teoria desenvolvida sobre a Internet das Coisas e da rede de comunicação sem fio sub-1GHz adquiriu-se um *hardware* que possui o rádio desta tecnologia de comunicação montado em uma placa de circuito impresso (PCB) e com os pinos de entrada e saída disponíveis para o usuário. O *hardware* adquirido é do fabricante ANAREN denominado AIR BOOSTERPACK, baseado no transceptor CC110L da Texas Instruments, conforme Figura 21.

Figura 21 - Módulo Sub-1GHz ANAREN



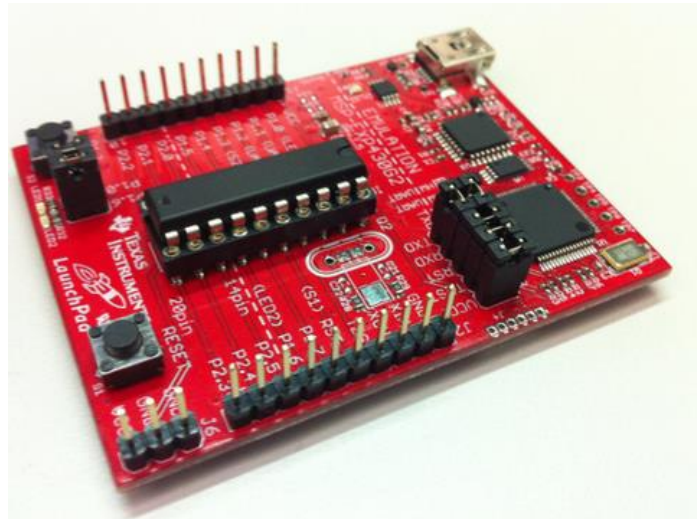
Fonte: ANAREN (2015)

Circulado em azul é possível observar o transceptor do fabricante Texas Instruments CC110L. Este transceptor trabalha nas frequências de 300 a 348 MHz, 387 a 464 MHz e 779 a 928 MHz, possui uma potência de saída de até +12 dBm e sensibilidade de recebimento de até -116 dBm, podendo alcançar até 600 kbps de taxa de transferência de dados, possui consumo de 200 nA quando em modo *sleep* e interface SPI. Um ponto interessante é que este módulo utiliza uma antena criada com a própria PCB, o que diminui os custos pertinentes ao

projeto final, por outro lado diminui o alcance da comunicação quando comparado à uma antena externa. Este quesito de alcance será avaliado mais adiante.

Para controlar este módulo utilizou-se uma placa de desenvolvimento do fabricante Texas Instruments LAUNCHPAD MSP-EXP430G2, conforme Figura 22.

Figura 22 - LAUNCHPAD MSP-EXP430G2



Fonte: TEXAS INSTRUMENTS (2015)

Esta placa de desenvolvimento possui o microcontrolador MSP430G2553 de 16 bits de arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), com até 16 MHz de processamento, 2 Timers de 16 bits, comunicações seriais LIN, SPI e I<sup>2</sup>C, conversor analógico para digital (AD) de 10 bits de resolução, entre outros. Ele é o responsável por controlar a comunicação sub-1GHz, como também os periféricos de cada dispositivo proposto. Esta placa de desenvolvimento conta também com um circuito que já faz a interface com o computador através da porta USB, servindo para gravar o *firmware* no microcontrolador e até mesmo fazer a depuração em tempo real da aplicação.

Para desenvolver o *firmware* do microcontrolador encontrou-se duas possibilidades. Uma solução seria com o programa próprio da Texas Instruments chamado CODE COMPOSER STUDIO, que é um software de licença livre para todos os microcontrolador do fabricante. Outra opção seria o ambiente de desenvolvimento e compilador IAR EMBEDDED WORKBENCH, que possui uma versão especial do programa para este microcontrolador. Devido a segunda opção ser uma ferramenta muito mais poderosa e também de domínio do autor, escolheu-se o IAR como ambiente de desenvolvimento do *firmware*. Porém, devido a ser um *software* pago, instalou-se com uma licença de 30 dias para avaliação.

Com o *hardware* montado e as ferramentas de desenvolvimento instaladas, iniciou-se o desenvolvimento do *firmware* para a comunicação sem fio.

### 3.1.1 Desenvolvimento do *Firmware*

Esta etapa se mostrou a de maior dificuldade no desenvolver da prática. Inicialmente desenvolveu-se um *firmware* para simplesmente piscar um LED na placa de desenvolvimento com o objetivo de validar as configurações de *clock* do microcontrolador, inicialização de periféricos e todo o sistema de gravação do *firmware*. Após isto, iniciou-se a configuração da comunicação SPI entre o microcontrolador e o *transceiver* sub-1GHz. Para validar e testar a implementação do *firmware* para a comunicação sem fio, utilizou-se duas placas de desenvolvimento e dois *transceivers*, formando dois dispositivos, para que fosse possível testar a comunicação sem fio entre eles, conforme Figura 23.

Figura 23 - Comunicação entre dispositivos

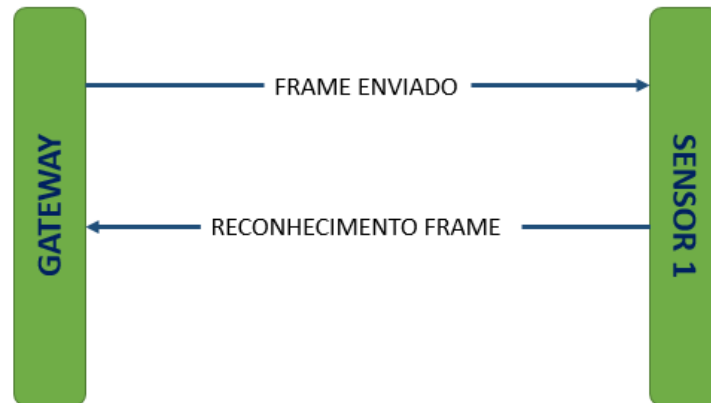


Fonte: DO AUTOR (2015)

Seguiu-se a documentação do fabricante para toda a configuração de registradores do *transceiver*, sendo ela pela comunicação SPI e assim inicializando o componente. Após estruturou-se os *buffers* de entrada e saída de dados e então, depois de um considerado tempo despendido nesta etapa, conseguiu-se a transmissão do primeiro *byte* de dados de um componente para outro. Então, implementou-se todo o protocolo de comunicação conforme definido anteriormente. Adicional ao protocolo, conforme indicação da TEXAS INSTRUMENTS (2015), implementou-se no *firmware* uma forma de comunicação robusta a perda de dados. Este artifício sugere que sempre que um *frame* de dados for enviado à outro

dispositivo da rede, este retorne um *acknowledge* (reconhecimento) de todo *frame* recebido enviando o mesmo *frame* para quem inicialmente enviou, garantindo assim que não haja perda de dados e que o dispositivo que iniciou a comunicação saiba que o destinatário recebeu o *frame* que ele enviou. A Figura 24 exemplifica a ferramenta implementada.

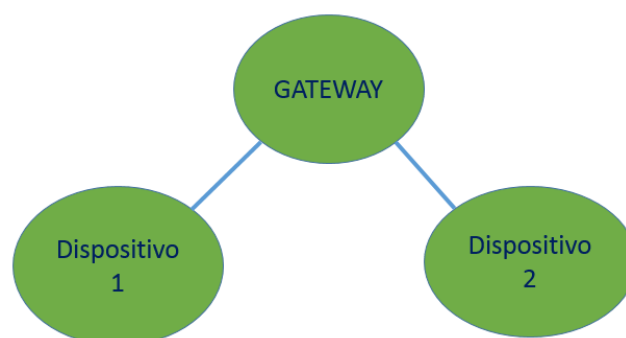
Figura 24 - Diagrama Reconhecimento de Frame



Fonte: DO AUTOR (2015)

Então, tendo os dois dispositivos se comunicando via a rede sub-1GHz, implementou-se o terceiro dispositivo, fazendo com que um seja o *gateway* da rede e os outros dois dispositivos estejam conectados a ele, formando uma rede do tipo estrela, conforme Figura 25.

Figura 25 - Estrutura Rede Sub-1GHZ



Fonte: DO AUTOR (2015)

Para isto, foi criada uma função de pareamento de dispositivos, para que seja possível adicioná-los de uma forma fácil. Através do *Smartphone* inicia-se o processo de

pareamento e no sensor a ser adicionado deve-se pressionar uma tecla para que o *gateway* reconheça o novo componente e o adicione na rede.

Implementou-se na rede sub-1GHz um artifício para que não haja elevado consumo de energia nos dispositivos, visando a aplicação na Internet das Coisas. Inicialmente todos os *transceivers* estavam ligados continuamente, para enviar e receber dados a qualquer momento. Devido ao fluxo de dados da rede ser baixo, implementou-se no *firmware* dos dispositivos uma função que coloca os *transceivers* em modo *sleep* continuamente e a cada 1 segundo o microcontrolador o acorda para enviar o estado do dispositivo para o *gateway*. Neste momento, o *gateway* envia o reconhecimento da mensagem e logo após, se existe algum comando para este dispositivo, o *gateway* envia, para aproveitar este momento que o *transceiver* do dispositivo está ligado. Então, após não ter mais nenhuma mensagem para este dispositivo, o microcontrolador o coloca para dormir novamente até o próximo segundo.

## 3.2 DISPOSITIVOS DA REDE SUB-1GHZ

Com a parte da comunicação sem fio sub-1GHz totalmente funcional, iniciou-se o desenvolvimento dos dispositivos quanto às suas funções como sensores e atuadores.

### 3.2.1 Dispositivo 1 - Sensor de Presença

Para o sensor de presença foi necessário configurar um pino do microcontrolador como entrada para ler o sensor PIR colocado no *hardware*. Utilizou-se o sensor apresentado anteriormente PIR DYP-ME003 para detectar o movimento de pessoas. A sua saída de dados, que é de 3,3V quando há detecção de movimento e 0V quando não há, foi conectada à entrada digital configurada. Então, este valor digital lido é colocado no protocolo de comunicação definido e enviado para o *gateway*. A Figura 26 apresenta o dispositivo criado.

Figura 26 - Dispositivo 1 - Sensor de Presença



Fonte: DO AUTOR (2015)

### 3.2.2 Dispositivo 2 - Luminária

Para a luminária configurou-se no microcontrolador uma saída PWM para ser conectada ao amplificador e passa-baixa projetado. O PWM foi configurado com uma frequência de oscilação de 200Hz. Escolheu-se uma frequência baixa para que o microcontrolador consuma menos energia quando comparado a uma maior frequência. Também configurou-se uma entrada analógica para ler a tensão no sensor LDR e então poder avaliar a intensidade luminosa. Após implementou-se no *firmware* uma lógica para a compensação luminosa, de forma que a leitura do sensor LDR também foi transformada para uma escala de 0 a 100%, que quando detectado 100% de luminosidade ambiente o PWM da luminária é zerado, e quando detectado 0% de luminosidade, o PWM é colocado em 100%.

Durante os testes com a luminosidade ambiente identificou-se a necessidade de uma calibração via o Smartphone, ou seja, que fosse possível ao usuário calibrar os níveis de luminosidade conforme o ambiente que a luminária se encontra, pois varia de ambiente para ambiente. Então, como não foi prevista esta funcionalidade para o sistema, a escala de 0 a 100% do sensor de luminosidade foi previamente ajustada conforme o ambiente de testes diretamente no *firmware*. Para melhorias do sistema sugere-se a implementação desta calibração via o aplicativo.

Utilizou-se uma luminária LED de embutir juntamente com um driver de alimentação, ambos do fabricante INTRAL. Escolheu-se esta luminária pelo fato de ser uma luminária comercial com os requisitos de uma entrada de 0 a 10V para a regulação do PWM. A Figura 27 mostra a montagem deste dispositivo.



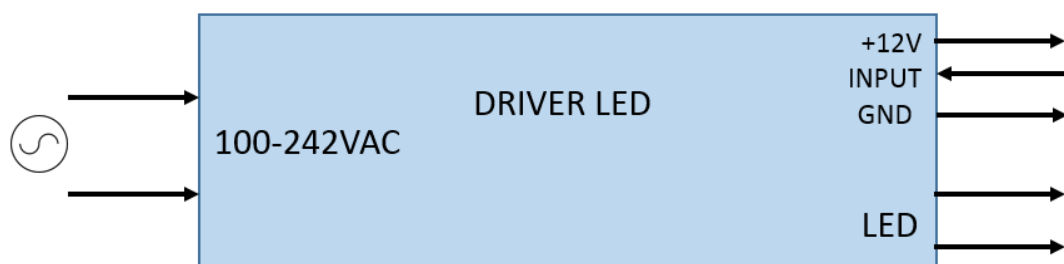
Figura 27 – Dispositivo 2 - Luminária



Fonte: DO AUTOR (2015)

Circulado em amarelo está a luminária de embutir. Circulado em azul, na placa de desenvolvimento, está o sensor LDR para o monitoramento da luminosidade. Na matriz de contatos está montado o circuito amplificador e passa baixa com amplificador operacional, conforme projetado anteriormente. Circulado em vermelho está o *driver* de LED que possui uma entrada de 100V a 242V de rede alternada, 1 entrada para a tensão de 0 a 10V que controla a intensidade da luminária, acompanhada de um terra e um +12V auxiliar, conforme Figura 28.

Figura 28 - Conexões DRIVER LED Intral



Fonte: DO AUTOR (2015)

Ao variar o PWM de 0 a 100% identificou-se um problema na luminosidade da luminária, a qual, na prática, variava entre 30% e 90%, não conseguindo desligar completamente nem atingir o valor máximo do ciclo de trabalho. Verificou-se que este problema estava ligado ao fato desta entrada do *driver* LED ter uma tensão residual, próximo

a 9V, provavelmente devido a um *pull-up* interno. Testou-se com um potenciômetro conectado ao +12V, ao GND e à entrada analógica do *driver* e então funcionou corretamente. Para corrigir esta característica, colocou-se o filtro passa baixa, que estava na saída do amplificador operacional, para sua entrada. Com isto, o amplificador passou a receber uma tensão analógica que pode fornecer uma maior corrente de saída com uma impedância menor, garantindo eliminar a tensão residual do *driver* LED para baixas tensões e conseguir chegar aos 10V necessários para o brilho máximo.

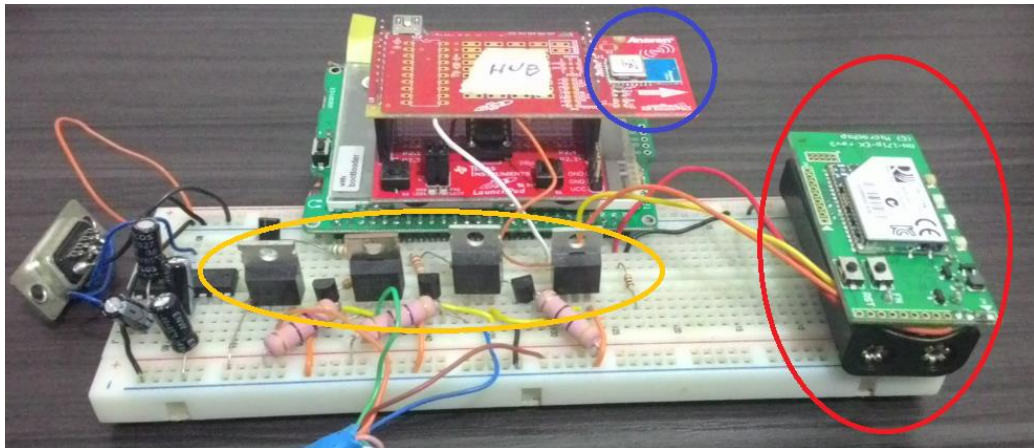
### 3.3 GATEWAY DO SISTEMA

Para desenvolver o *gateway* do sistema utilizou-se a placa de desenvolvimento MIKROMEDIA BOARD FOR PIC 32 do fabricante Mikroelektronika melhor apresentada no APENDICE A. Ela possui um microcontrolador de 32 *bits* da MICROCHIP PIC32MX460F512L, que possui uma arquitetura de 32 *bits*. Ele pode chegar a até 80MHz de processamento, possui USB 2.0 *On-the-Go*, 512kB de memória *Flash* e 32kB de memória RAM. Segundo a especificação técnica do PIC32MX460F512L ele possui vários periféricos tais como SPI, I<sup>2</sup>C, 2x UART, LIN, 16 canais de A/D com 10 *bits* de resolução, 5 saídas PWM, entre outros. Para o desenvolvimento e compilação do *firmware* utilizou-se o *software* MPLABX IDE v1.90 também da MICROCHIP.

Para interligar as duas placas de desenvolvimento, uma da TEXAS INSTRUMENTS controlando a rede sub-1GHz e a outra controlando a luminária RGB e a rede WiFi, utilizou-se a comunicação UART entre elas. Então, sempre que é recebido algum dado pela WiFi e que não seja endereçado para o *gateway*, este é encaminhado via UART para o microcontrolador que controla o *transceiver* da rede sub-1GHz. Da mesma forma, ao receber um dado pela sub-1GHz, este é encaminhado para o microcontrolador que gerencia a rede WiFi. A Figura 29 mostra como ficou a prototipagem do *gateway* do sistema.



Figura 29 - Gateway do Sistema



Fonte: DO AUTOR (2015)

Circulado em vermelho tem-se o módulo *wireless* RN-171. Circulado em azul tem-se o módulo sub-1GHZ CC110L. Circulado em amarelo estão os transistores que controlam as 3 cores da luminária RGB e a intensidade dela.

### 3.4 APLICATIVO PARA SMARTPHONE

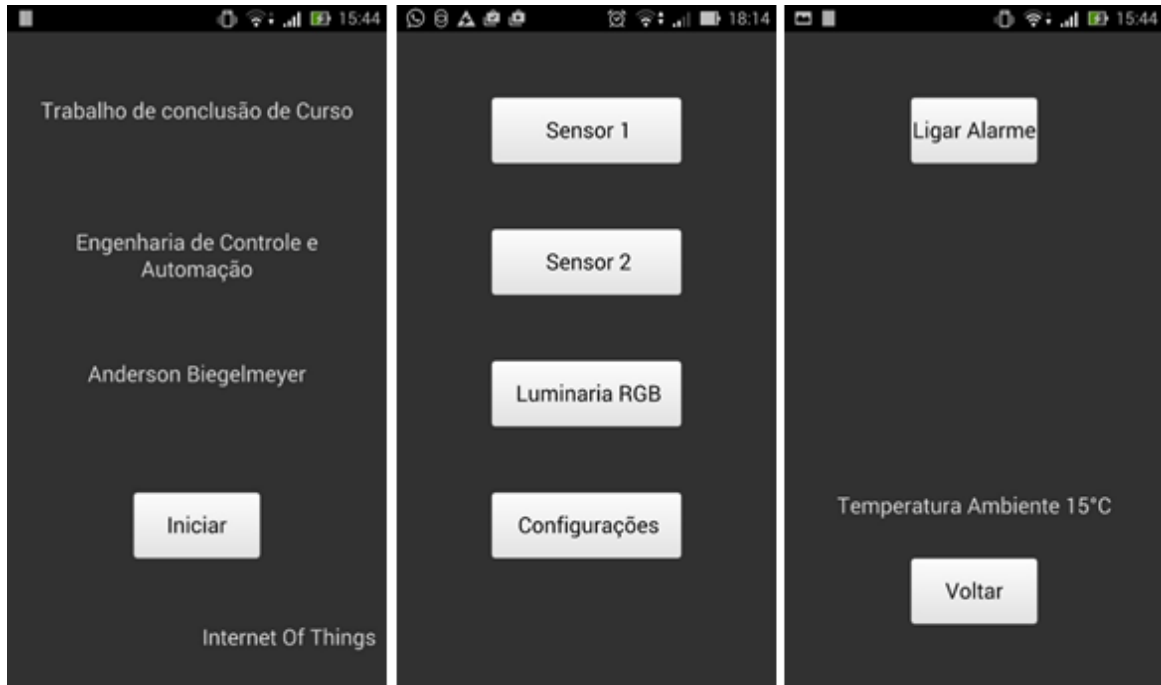
Para o desenvolvimento do aplicativo para Android utilizou-se o *software* QT Creator, que é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) multiplataforma segundo o site do projeto. Ele também pode ser utilizado sobre a licença GPL, que o torna de código aberto assim como o Linux e Android e suporta a linguagem C++ para desenvolvimento. Segundo o site do projeto são suportadas diversas plataformas para o desenvolvimento de softwares tais como o Android, iOS, Windows, Linux/X11, Mac OS X, Windows Runtime e Windows CE.

Criou-se algumas telas de configuração e monitoramento para o sistema residencial conforme definido na Figura 19. Utilizou-se de ferramentas do *software* para a criação dos objetos de cada tela. Configurou-se todas as telas do aplicativo para que fossem auto ajustáveis a qualquer tamanho de tela de *Smartphone*, permitindo que o aplicativo rode em qualquer dispositivo que tenha Android.

Para a comunicação WiFi entre o *Smartphone* e o *gateway* utilizou-se a biblioteca *SocketTCPIP*, que implementa uma conexão TCP entre os dispositivos. Esta conexão está descrita na camada de transporte do modelo OSI e funciona com a garantia de que o *frame* será entregue ao destinatário.

A Figura 30 mostra a tela inicial do aplicativo criado, a tela de seleção dos dispositivos e a tela criada para o dispositivo 1, respectivamente.

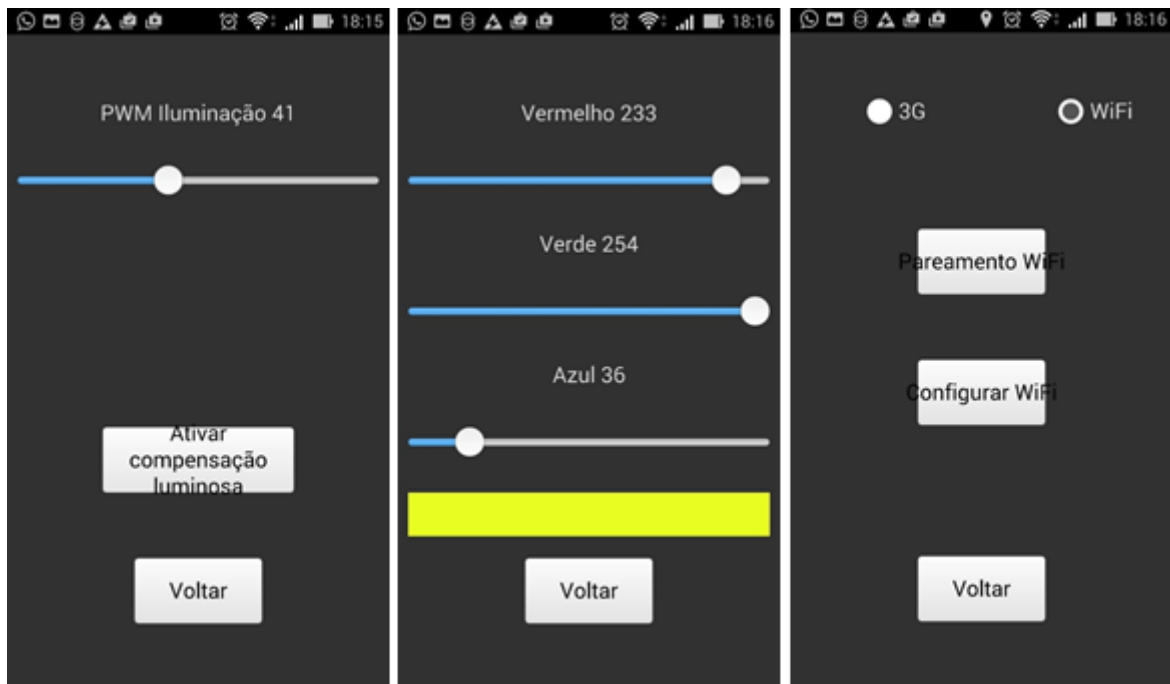
Figura 30 - Telas do Aplicativo I



Fonte: DO AUTOR (2015)

A Figura 31 mostra a tela da luminária LED, a tela da luminária RGB e a tela de configurações do sistema.

Figura 31 - Tela da Luminária LED



Fonte: DO AUTOR (2015)

### 3.5 CONEXÃO COM A INTERNET

Para fazer a conexão entre o *Smartphone* e o *gateway* do sistema através da Internet utilizou-se um serviço grátis da empresa NOIP (2015), que cria um domínio fixo para que o usuário consiga acessar um local específico. Para a grande maioria dos usuários de Internet o endereço de IP (*Internet Protocol*) é dinâmico, ou seja, a cada nova conexão o usuário recebe um novo IP, que nada mais é que um endereço na nuvem da Internet. Um exemplo seria para acessar o site Google, que normalmente é acessado via seu *link* [www.google.com](http://www.google.com), mas também pode ser acessado através de seu IP estático que é 173.194.119.55. Então, este serviço cria um domínio para que o usuário possa acessá-lo através de um link direto e o próprio serviço se encarrega de atualizar constantemente o IP dinâmico do usuário.

Para este trabalho criou-se o *link* [www.abieglmeyer.ddns.net](http://www.abieglmeyer.ddns.net), portanto em qualquer lugar da Internet é possível acessar a residência do autor através do link descrito. Da mesma forma que o Google, com este *link* ao abrir o prompt de comando do Windows e digitar o comando **ping [www.abieglmeyer.ddns.net](http://www.abieglmeyer.ddns.net)** aparecerá o real IP associado à conexão.

Após esta etapa, foi necessário configurar o modem de acesso à internet do usuário, que como decidiu-se utilizar a porta 5000 de conexão TCP, foi necessário utilizar o serviço *network address translation* (NAT), que faz um encaminhamento do *frame* recebido por esta porta para um IP fixo da rede WiFi local. Na prática, ao receber um dado nesta porta, o

modem encaminha para o endereço de IP do *gateway*, configurado para 192.168.25.50, pela mesma porta de acesso 5000.

## 4 RESULTADOS

Após o desenvolvimento de todos os dispositivos propostos, suas configurações e implementações conforme referencial teórico, validou-se o sistema como um todo, verificando todas as funcionalidades e análise de desempenho. Verificou-se a resposta de cada dispositivo a partir do aplicativo para *Smartphone* e todos funcionaram corretamente.

Avaliou-se também o desempenho da rede sub-1GHz quanto ao quesito alcance. Inicialmente testou-se em um apartamento de 65 m<sup>2</sup> com o *gateway* estando no ponto mais distante possível, que era a lavanderia. Os dispositivos foram colocados um na cozinha e outro no quarto de casal e o controle pelo aplicativo do *Smartphone*. Todos sensores e atuadores responderam corretamente aos comandos e em nenhum momento observou-se a perda de dados, o que também reforça a importante implementação do reconhecimento do *frame* implementado conforme documentação da Texas Instruments.

Em um segundo momento testou-se a comunicação entre dois dispositivos na rua, permitindo um *link* em linha reta sem obstáculos. O alcance chegou a aproximadamente 150 metros de distância, acima disto começaram a haver perda de dados. Este alcance leva em consideração uma antena interna construída na própria placa de circuito impresso, o que não é a melhor solução quando se necessita distâncias elevadas. Portanto, para a aplicação residencial deste sistema a solução sub-1GHz se mostrou extremamente satisfatória, pois consegue cobrir até mesmo uma residência de grande porte.

### 4.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

Com base na funcionalidade integral do desenvolvimento e conforme os objetivos levantados, levanta-se os custos relacionados a este sistema para então comparar com outras soluções existentes de mercado e avaliar sua viabilidade econômica.

Para o levantamento de custos do sistema considerou-se somente os componentes pertencentes à eletrônica ativa, desconsiderando a eletrônica passiva e outros itens como encapsulamento e mão de obra, pois é onde se concentra o maior custo agregado. Primeiro, levantou-se os custos relacionados ao *gateway* do sistema conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Estrutura de Produto - Gateway

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
STM8S207CB	1	1,47	1,47
LM1117	1	0,67	0,67
SPIRIT1	1	1,64	1,64
RN-171	1	23,81	23,81
Fonte 5V	1	5,17	5,17
BC817	4	0,03	0,12
TIP41C	4	0,26	1,04
<b>TOTAL</b>			33,92

Fonte: DO AUTOR (2015)

O *gateway* teve um custo de 33,92 dólares americanos considerando a eletrônica ativa e uma fonte externa de 110-220V para 9V, considerada do distribuidor FILIPEFLOP (2015). Pode-se observar que o item que agrega o maior custo no dispositivo é o módulo *wireless*, porém, considerando o sistema como um todo, é somente neste dispositivo que é utilizado. A Tabela 11 mostra um levantamento de custos para os atuadores e sensores a serem adicionados na rede sub-1GHz.

Tabela 11 - Estrutura de Produto - Dispositivos

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
STM8S207CB	1	1,47	1,47
LM1117	1	0,67	0,67
SPIRIT1	1	1,64	1,64
LM358	1	0,18	0,18
Fonte 5V	1	5,17	5,17
<b>TOTAL</b>			9,13

Fonte: DO AUTOR (2015)

Entretanto, para os dispositivos da rede sub-1GHz, tem-se um custo de USD 9,13 por dispositivo, muito menor que o *gateway* do sistema. Este é o custo basicamente do núcleo do dispositivo e adiciona-se os sensores e atuadores conforme a função de cada um.

Em apêndice C é possível encontrar uma pesquisa de mercado mostrando produtos e preços da empresa Oort, que possui como padrão de comunicação entre os dispositivos a

tecnologia Bluetooth. Ela possui um dispositivo com a função de *gateway* chamado *SmartHub*, que custa USD 179,00. Já um dispositivo de atuação, uma lâmpada LED controlada por Bluetooth, custa USD 39,90. Ambos os produtos possuem um custo superior comparados aos levantados anteriormente para este trabalho, sugerindo uma viabilidade econômica para a implantação como produto comercial.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados foi possível a implementação de um sistema voltado para uma casa inteligente através do controle de dispositivos, conectados a uma rede baixo custo, a partir do *Smartphone*, tendo um *gateway* que permite o acesso tanto via rede WiFi como via Internet. A utilização de um *gateway* para o sistema foi fundamental para a aplicação dos conceitos da *Internet of Things*, já que permite ao sistema uma conectividade à Internet. O estudo para definição da rede baixo custo empregada mostrou-se primordial para a eficiência encontrada na prática, já que permitiu um consumo de energia muito baixo com um longo alcance. Também destacou-se os estudos realizados em *application notes* do fabricante Texas Instruments, que permitiu a implementação de um artifício de *firmware* para a economia de energia do transceptor, reforçando os conceitos da *Internet das Coisas*.

A utilização de um *Smartphone* como IHM é um dos diferenciais do sistema proposto com relação à várias soluções encontradas no mercado, que utilizam um *display* como interface para o usuário fazer o controle da residência, o que agrega um custo elevado ao produto e que não permite a mobilidade do controle, ou seja, para efetuar algum comando é necessário se dirigir até a IHM do sistema. Com a aplicação do *Smartphone* como IHM, obtém-se três vantagens principais que são: A redução do custo do produto, a mobilidade do controle e a concentração de tarefas em um único só dispositivo.

Ao avaliar a viabilidade econômica do sistema verificou-se um custo bastante inferior quando comparado aos produtos da empresa Oort (2015). Conforme exposto, não considerou-se custos como eletrônica passiva, invólucros, fabricação e lucro do produto, porém a grande diferença de valores justifica sua viabilidade. Considerando que o custo estimado para o dispositivo de USD 9,13 é de toda a parte de controle, restando adicionar sensores e atuadores conforme a característica de cada um, também representa um custo baixo para um dispositivo que trabalhe com tecnologia sem fio, que interage com o *Smartphone* do usuário e que tenha um ótimo alcance.

Validou-se vários conceitos da *Internet of Things*, permitindo desenvolver o conceito das casas inteligentes modernas, controladas a partir de um *Smartphone* de qualquer lugar do mundo. Conforme apresentado, esta é uma tendência global que promete mudar a forma de como a sociedade vive e interage, abrindo várias possibilidades de empreender nesta área. Portanto, a validação da proposta torna o sistema a base para o desenvolvimento de mais dispositivos que possam auxiliar em benefício de uma casa inteligente, voltado para



segurança, consumo energético e muitos outros campos que, conforme apresentado, melhorem a qualidade de vida dos usuários.

## REFERÊNCIAS

SHVEYKOVSKIY, Alexey et al. **Internet-of-Things Market, Value Networks, ad Business Mode State of the Art Report**. Technical Report TR-39. Finlândia. 2013. 95p.

ALDRICH, Frances. **Smart Homes: Past, Present and Future**. Inside the smart home. Springer. 2003. 39p.

Organização HDBasaeT. **O que é HDBaseT**. Disponível em: <<http://www.hdbaset.org/technology>>. Acesso em: 01 Maio. 2015.

MAZHELIS, Oleksiy; WARMA, Henna. **Evolution and diffusion of the IoT field**. Internet-of-Things Market, Value Networks, ad Business Mode State of the Art Report. Technical Report TR-39. Finlândia. 2013. 95p.

PANASONIC. **What is a motion sensor?** 2000. Disponível em: <<http://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Panasonic%20Electric%20Works%20PDFs/AMN%20Design%20Manual.pdf>> Acesso em: 09 Maio. 2015.

ELETRONICDESIGN. **PIR-based Motion Detection: Sensor-to-Solution**. 2006. Disponível em: <<http://electronicdesign.com/lighting/pir-based-motion-detection-sensor-solution>> Acesso em: 09 Maio. 2015.

ADAFRUIT. **Sensor PIR**. 2015. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/>> Acesso em: 09 Maio. 2015.

FILIPEFLOP. **Sensor de Movimento Presença PIR**. 2015. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b901-sensor-de-movimento-presenca-pir.html>> Acesso em: 09 Maio. 2015.

UFRJ. **LDR – Light Dependent Sensor**. 2015. Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/01\\_1/contador555/ldr.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/contador555/ldr.htm)> Acesso em: 10 Maio. 2015.

ENTRE LED. **Tabela de Equivalências**. 2015. Disponível em: <<http://www.led.entre.com.pt/chart-equivalence>> Acesso em: 10 Maio. 2015.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4. Ed. 945p. Rio de Janeiro: Editora Campus. 2003.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residências Inteligentes**. 1. Ed. São Paulo: Livraria da Física. 2004.

BOYLESTAD, Robert L.; **Introdução á Análise de Circuitos**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2004.

TEXAS INSTRUMENTS. **Wireless Networking Overview**. 2015. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/sg/slyb134d/slyb134d.pdf>> Acesso em: 23 Maio. 2015.

KUROSE, James F; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top/down**; tradução Daniel Vieira; revista técnica Wagner Luiz Zucchi. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 2013.

TEXAS INSTRUMENTS. **CC2592**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.ti.com/product/cc2592>> Acesso em: 24 Maio. 2015.

ORGANIZAÇÃO ZIGBEE. **Application Level Standardization**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbee3-0/>> Acesso em: 23 Maio. 2015.

ASH WIRELESS ELECTRONICS. **Chosing between a standard and proprietary wireless protocol**. 2015. Disponível em:  
<[http://www.ashwireless.com/sites/default/files/choosing\\_wireless\\_protocol.pdf](http://www.ashwireless.com/sites/default/files/choosing_wireless_protocol.pdf)> Acesso em: 27 Junho. 2015.

ROBERT BOSCH GmbH. **CAN Specification**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.kvaser.com/software/7330130980914/V1/can2spec.pdf>> Acesso em: 27 Junho.2015.

NOIP. **The freedom to connect your devices from anywhere**. 2015. Disponível em:  
<<https://www.noip.com/>> Acesso em 06 Junho. 2015.

UOL. **Cotação do dólar**. Disponível em:  
<<http://economia.uol.com.br/cotacoes/>> . Acesso em: 11 Abril 2015.

HEWLETT-PACKARD (HP). **Internet of Things Research Study**. 2014. Disponível em:  
<<http://www8.hp.com/h20195/V2/GetPDF.aspx/4AA5-4759ENW.pdf>> Acesso em: 23 Junho. 2015.

## APÊNDICE A

A Figura 32 mostra a placa de desenvolvimento utilizada no trabalho.

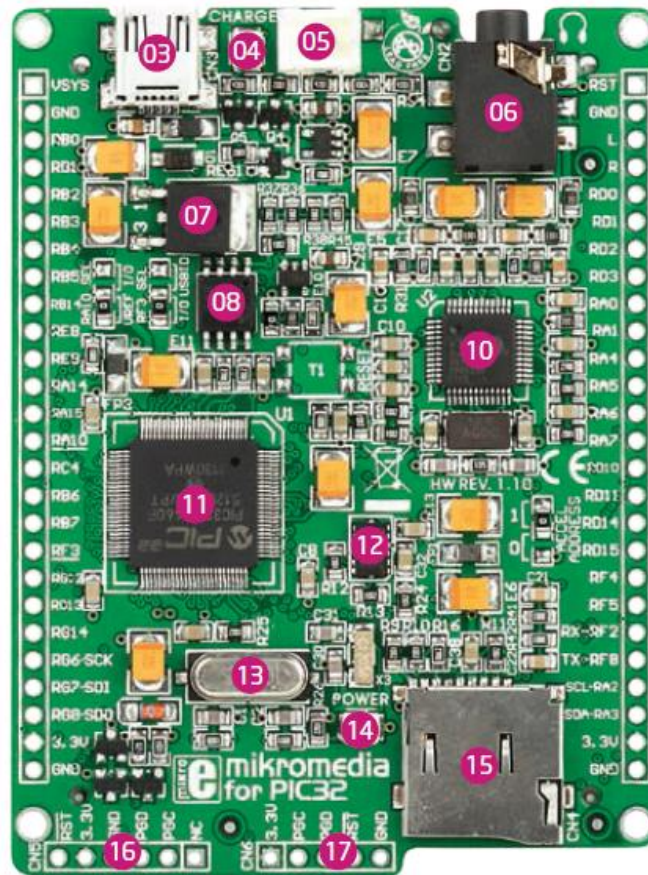
Figura 32 - Placa de desenvolvimento Mikromedia (vista frontal)



Fonte: Mikromedia *for PIC32 Manual*

Esta placa foi projetada visando aplicações de áudio e vídeo, pois possui um display TFT (*Thin-film transistor*) de 320x240 pixels e periféricos de áudio, porém neste trabalho será utilizado somente a parte de processamento. Na Figura 33 é possível verificar os periféricos envolvidos nesta placa.

Figura 33 - Placa de desenvolvimento Mikromedia (vista traseira)



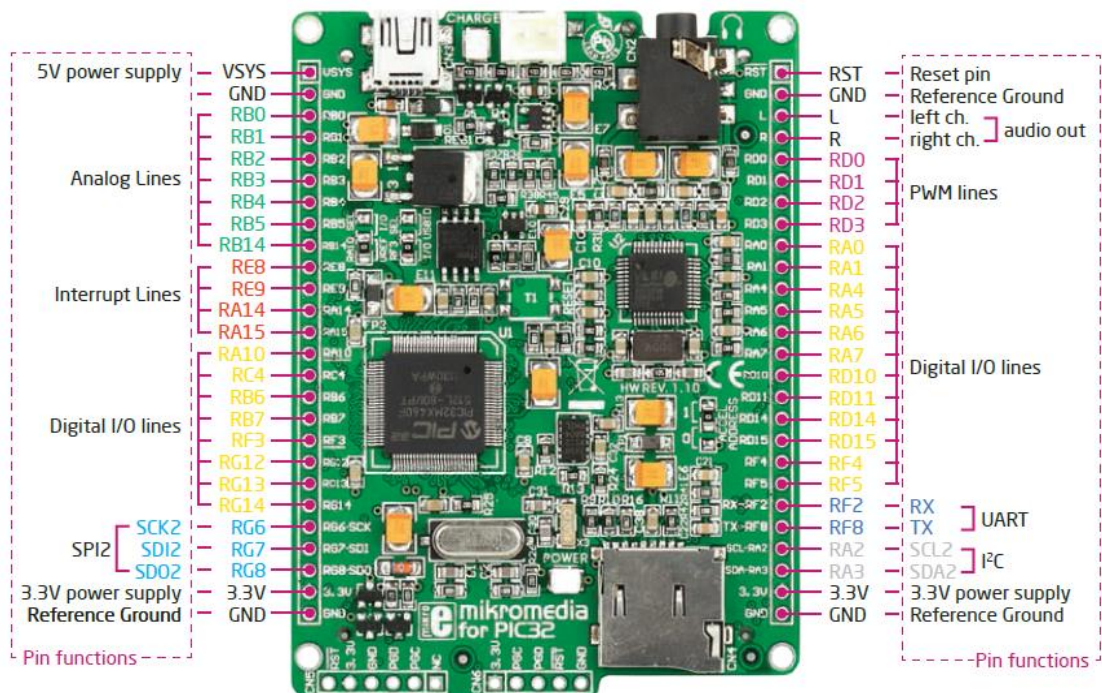
Fonte: Mikromedia *for PIC32 Manual*

- 03) Conector MINI-B USB;
- 04) LED de indicação de carga;
- 05) Conector da bateria;
- 06) Conector de fones de ouvido 3.5mm;
- 07) Regulador de tensão da fonte;
- 08) Memória *Flash* serial;
- 10) MP3 *Encoder/Decoder* estéreo;
- 11) Microcontrolador PIC32MX460F512L;
- 12) Acelerômetro;
- 13) Cristal oscilador;
- 14) LED de indicação ligado/desligado;
- 15) Soquete Micro-SD;
- 16) Conector de ferramenta de gravação (*DEBUG*);

17) Conector proprietário da Mikroelektronika;

A placa de desenvolvimento Mikromedia possui um acesso aos pinos de entrada e saída do microcontrolador muito amigável, o que torna fácil sua manipulação, conforme Figura 34.

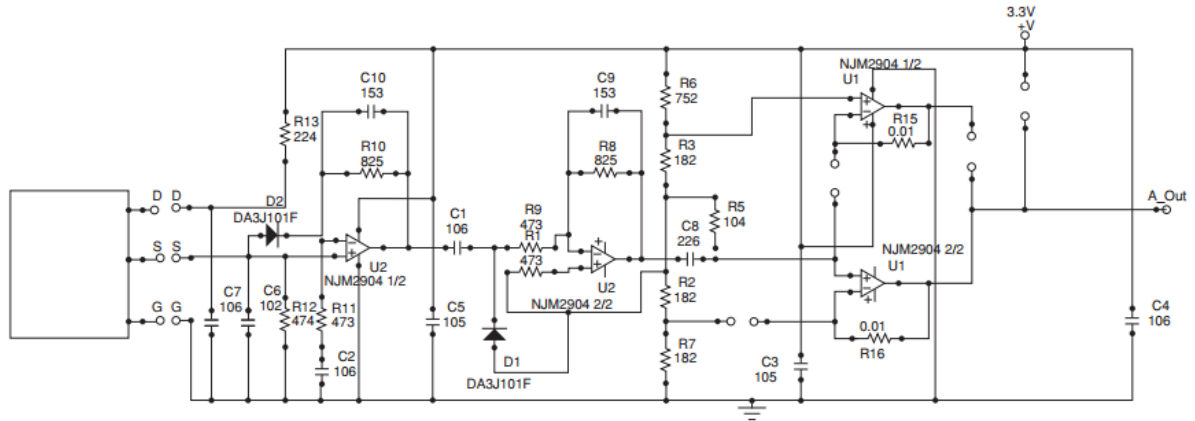
Figura 34 - Entradas e saídas da placa de desenvolvimento



Fonte: Mikromedia for PIC32 pinout

## APÊNDICE B:

Figura 35 - Circuito do Sensor IRSB345ST03-R1



Fonte: ELECTRONICDESIGN (2006)

## APÊNDICE C

A Oort é uma empresa polonesa tendo como diretor executivo Radek Tadajewski. O foco da empresa é justamente aplicações para a *Internet* das coisas, criando dispositivos para a residência capazes de se comunicar com o *Smartphone* e controlar atuadores e sensores. O *slogan* da empresa é “Make your world smarter” que na tradução seria “tornando seu mundo mais inteligente”. Na Figura 36 é possível observar o logotipo da empresa e seu *slogan*.

Figura 36 - Logotipo empresa OORT



FONTE: Oort.in



Um dos dispositivos comercializados por esta empresa é o OORT SmartLED, que é uma lâmpada LED RGB capaz de iluminar o ambiente na cor branca ou que qualquer uma das 16 milhões de cores possíveis. A Figura 37 mostra como é fisicamente a lâmpada da empresa.

Figura 37 - Lâmpada LED da empresa OORT



FONTE: oort.in

O fabricante garante uma vida útil de aproximadamente 40.000 mil horas e dispõe de uma aplicativo para *Smartphone* para controla-la, conforme Figura 38. Este aplicativo além de ligar e desligar a lâmpada é capaz de selecionar a cor que se deseje em um círculo cromático e ainda escolher opções de funcionamento como luz intermitente.

Figura 38 - Aplicativo para Smartphone empresa OORT



FONTE: oort.in

Na Figura 39 é possível verificar as características técnicas da lâmpada.



Figura 39 - Características técnicas da lâmpada empresa OORT

Technical data	
Type	Air Balloon LED bulb
Model no.	L012-8801
Size	Ø 78 x 129 mm
Type of thread	E26/E27
Supply voltage	100-240V AC
Rate	50 - 60 Hz
Power consumption	Max 9,5 W ± 10%
Light beam	180 lm (whiteLED)
Color temperature	5500 ~ 6500 K (white LED)
Compatible with	Bluetooth SMART
Working temperature	-20°C~40°C [-4°F~104°F]
LED diode lifetime	40,000+ hours

FONTE: oort.in

O aplicativo se comunica com a lâmpada através da comunicação Bluetooth SMART, que aliás é o padrão de comunicação desta empresa. Eles adotaram esta tecnologia devido ao abrangente suporte dos *Smartphones* pelo Bluetooth, como também por acreditarem que seja a comunicação do futuro. A lâmpada já é projetada para funcionar entre 100V e 240V AC e nas frequências de 50Hz a 60Hz, abrangendo o padrão da maioria dos países. O preço de comercialização desta lâmpada é de \$39,90, considerando a cotação atual para o dólar segundo o UOL (2015) cotado a R\$3,07, este produto custaria em torno de R\$122,50. Este é o preço sem considerar os impostos de importação adotados pelo Brasil que será discutido em outro capítulo.

Outro dispositivo da empresa é o OORT SmartSocket EU que é uma tomada inteligente capaz de ligar e desligar qualquer dispositivo conectado a ela. A Figura 40 mostra a tomada.

Figura 40 - Tomada Inteligente empresa OORT



FONTE: oort.in

Segundo o fabricante, a tomada se comunica via Bluetooth com o *Smartphone* e ele possui um aplicativo capaz de ligar e desligar a tomada, como também fazer agendamentos para desligá-la durante a noite, por exemplo. O aplicativo também é capaz de informar o consumo de determinada tomada, podendo prever o gasto mensal se informado o valor do quilowatt. A Figura 41 mostra o aplicativo para controle da tomada inteligente.

Figura 41 - Aplicativo para controle da tomada da empresa OORT



FONTE: oort.in

Segundo o site, a lâmpada pode ser adquirida por \$49,00, o que é aproximadamente R\$150,50 sem impostos de importação. A empresa também fornece a tomada no padrão americano de conexão.

A empresa ainda possui um produto chamado OORT SmartHub que tem a função de interligar todos os equipamentos Bluetooth e disponibilizá-los em uma rede WiFi e na Internet. A Figura 42 mostra o produto da empresa polonesa.

Figura 42 - SmartHub da empresa OORT



FONTE: oort.in

Este produto é vendido pela empresa pelo valor de \$179,00, o equivalente a R\$550,24. A empresa ainda fornece um serviço web para acessar e controlar a residência de qualquer computador e não somente pelo *Smartphone*.

A proposta ofertada por esta empresa se aproxima bastante à ideia do presente trabalho, tendo como aplicação direta a *Internet* das coisas, o *Smartphone* como meio de interação do usuário com o produto, uma rede mais baixo custo para os atuadores e sensores e um dispositivo para comunicar com a rede baixo custo e também com a rede WiFi, para disponibilizar o acesso através da Internet. Porém, o padrão de comunicação Bluetooth utilizado entre os sensores e atuadores faz com que a área de cobertura do sinal diminua bastante.