



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB
**Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas –
FATECS**

**Automação Residencial usando tecnologia IEEE 802.15.4
Zigbee**

Hugo Gabriel Lins Gomes

RA: 2036724/0

Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação

Orientadora: PROF^a M.C. MARIA MARONY SOUSA FARIAS

Brasília – DF, 2º semestre de 2011

Hugo Gabriel Lins Gomes

Automação Residencial usando tecnologia IEEE 802.15.4 Zigbee

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Engenharia de Computação. Orientador: Prof^a M.C. Maria Marony Sousa Farias

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Maria Marony, Mestre em Engenharia Elétrica.
Orientadora

Prof. Luís Cláudio Lopes de Araújo, Mestre.
Uniceub

Prof. Miguel Arcanjo Bacellar Goes Telles Junior, Doutor.
Uniceub

Prof. Flavio Antonio Klein, Mestre.
Uniceub

DEDICATÓRIA

Dedico este projeto e monografia, aos meus pais que sempre me apoiaram aos meus amigos, e a minha orientadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Jose dos Santos e Maria Lucineide, pelo amor, carinho e dedicação na minha criação e pelo incentivo e apoio ao longo dos anos. Ao meu irmão Igor Gustavo, pelo apoio, compreensão e ajuda ao longo da minha vida. A professora orientadora Marony pela dedicação em solucionar minhas dúvidas e orientação ao longo do projeto. A todos os professores pelos ensinamentos durante o curso. Aos meus amigos da Engenharia, Marcelo Campos, Caio Moreno, Anderson Alves, Marco Antonio, Thiago Hamu, com quem estudei ao longo do curso. E meus amigos que me deram apoio no projeto Adisson Aires, Philip Aires, Leandro Sousa.

RESUMO

Este projeto surgiu a partir da observação das necessidades do dia a dia de algumas pessoas com dificuldade de locomoção, com o intuito de proporcionar maior conforto e inclusão de projetos de automação na construção civil é proposto um sistema de acionamentos de dispositivos de iluminação e ventilação de ambientes de uma residência, utilizando a comunicação wireless para acionar tais dispositivos, fazendo uso da tecnologia ZigBee. A interface computacional interage com o módulo coordenador que envia as informações à placa XBee-Pro cuja finalidade é encaminhar as solicitações do sistema para o módulo remoto. O módulo remoto também contém um módulo XBee-Pro, além de um microcontrolador.

Palavras-Chave: ZigBee; Domótica; Automação Residencial; Arduino; Acionamento;

ABSTRACT

This project arose from the observation of the everyday needs of some people with limited mobility, in order to provide greater comfort and automation projects including the proposed construction is a drive system of lighting and ventilation environments of a residence, using wireless communication to trigger such devices, using ZigBee technology. The computer interface module interacts with the coordinator that sends information to the XBee-Pro board whose purpose is to forward the requests to the system's remote module. The module also contains a remote XBee-Pro module, and a microcontroller.

Keywords: ZigBee; Domotics; Home Automation; Arduino; Trigger;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Diagrama Geral do Projeto	12
Figura 2.1 – Esquemático Domótica	14
Figura 2.2 – População Brasileira Censo 2010.....	15
Figura 3.1 – Camada de Protocolos.....	18
Figura 3.2 – <i>CON-USBEE</i> visão superior	19
Figura 3.3 - Botão Reset e LEDs indicadores da placa CON-USBBEE	20
Figura 3.4 – <i>CON-USBBEE</i> visão inferior	20
Figura 3.5 – <i>PROTO-BEE</i> versão 5v.....	21
Figura 3.6 – Conexão PROTO-BEE e Microcontrolador	21
Figura 3.7 – <i>PROTO-BOARD</i>	22
Figura 3.8 – Componentes Circuito 1: 1-Relé, 2-Acoplador Ótico, 3-Resistor, 4-Transistor e 5-Diodo	23
Figura 3.9 – Componentes do Circuito 2 – 1-Capacitor, 2-Resistência	23
Figura 3.10 – Arduino <i>Dumilanove</i>	24
Figura 4.1 – Representação geral do funcionamento do protótipo.....	27
Figura 4.2 – Maquete.....	28
Figura 4.3 – Simulação porta serial pelo USB	29
Figura 4.4 – Endereçamento dos dispositivos <i>ZIGBEE</i>	30
Figura 4.5 – Perda de Dados	31
Figura 4.6 – Alimentação Arduino	32
Figura 4.7 – Circuito 1.....	32
Figura 4.8- Circuito 2 acoplado ao Arduino.....	33
Figura 4.9 – Saída 3.3v Arduino.....	33
Figura 4.10 – Esquemático Circuito 2	34
Figura 4.11 – Esquemático do circuito 1 completo	34
Figura 5.1 – Teste Lâmpada	36
Figura 5.2 – Teste Coolers.....	37
Figura 5.3 – Maquete parte traseira	48

Figura 5.4 – Interface Final 49

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 - PROBLEMA	11
1.2 - OBJETIVOS	11
1.2.1 - Objetivo Geral	11
1.2.2 - Objetivos Específicos	11
1.3 - Justificativa e Importância do Trabalho	12
1.4 – Escopo	12
1.5 - Estrutura do Trabalho	13
CAPÍTULO 2 – AUTOMAÇÃO	14
2.1– Domótica	14
2.2 – Automação Residencial e pessoas com necessidades especiais	15
2.3 – Automação Residencial e a construção civil	15
2.4 – Solução	16
CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO E TECNOLÓGICO	17
3.1- Tecnologia Zigbee	17
3.1.1– Camadas de Protocolos	17
3.1.2 – Características	18
3.2 - CON-USBEE	19
3.3 - PROTO-BEE	20
3.4 - PROTO-BOARD	21
3.5 - Componentes do Circuito 1 e 2	22
3.6 – Arduino	24
3.6.1 - Arduino <i>Dumilanove</i>	24
3.6.1.1 – Características	25
3.7 - Linguagens de Programação	25
3.7.1 - Conceito	25
3.7.2 - Linguagem C	25

3.7.3 - Linguagem PHP	26
3.9 - Automação Residencial	26
CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO	27
4.1 - Apresentação do modelo proposto	27
4.2 – Esquemático do protótipo do projeto	28
4.3 – <i>Hardwares</i> e <i>Softwares</i> do modelo proposto.....	31
4.4 – Montagem do Circuito 1 e 2	31
4.5 – Processo de acionamento do sistema	33
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO	35
5.1 - Aplicação do Protótipo Proposto	35
5.2 - Descrição da Aplicação do Protótipo	35
5.3 - Resultados do Projeto.....	35
5.3.1 - Resultados Esperados	35
5.3.2 - Resultados obtidos	36
5.3.3 - Comparação entre resultado esperado e obtido.....	39
5.4 - Custos do Projeto	40
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	41
6.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros	41
BIBLIOGRAFIA	42
APÊNDICE	44

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Atualmente, é comentado sobre facilitar ou até otimizar tarefas simples do cotidiano, com isto a automação residencial e industrial é um tema muito pesquisado com este objetivo de deixar o que já é fácil mais fácil ainda para humanidade seja na sua residência ou ambiente de trabalho.

1.1 - Problema

Comodidade é o que se procura para facilitar o dinamismo que a vida necessita atualmente, existem carros que não possuem embreagem, celulares conectados a internet em qualquer lugar, pagamento de contas online evitando filas. Então por que não automatizar acionamentos simples em residências?

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral é elaborar uma solução para automação de dispositivos residenciais, utilizando tecnologia ZIGBEE.

1.2.2 - Objetivos Específicos

Estabelecer a automação remota de um sistema de dispositivos que simula o acionamento de aparelhos eletro/eletrônicos de uma residência, trazendo mais uma facilidade e comodidade para o dia a dia. A figura 1.1 ilustra o diagrama geral do projeto.

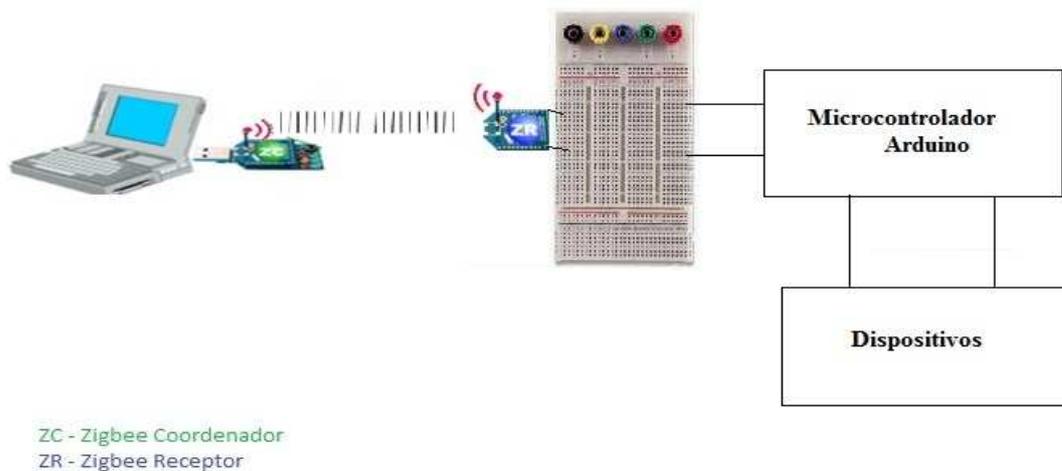


Figura 1.1 - Diagrama Geral do Projeto

Fonte: Autor

1.3 - Justificativa e Importância do Trabalho

Visando além da melhoria da comodidade no lar esse projeto visa à utilização de uma tecnologia que tem o custo muito baixo de energia, alto suporte de nós na rede, podendo então até suportar até 65535 dispositivos por cada *ZIGBEE* coordenador.

Com isso levando a sua implementação mais em conta financeiramente do que outras tecnologias, além de uma possível valorização da residência.

1.4 – Escopo

Automação residencial. O projeto contempla a especificação do hardware e software necessários assim como a programação. O acionamento de ligar e desligar os dispositivos de uma residência também fazem parte desse projeto. Esse projeto não visa a automação com acesso remoto fora do alcance estabelecido pelo dispositivo *ZIGBEE* e nem pela internet.

- Conexão entre o *ZIGBEE* receptor junto com o *PROTOBEE* na *PROTOBOARD*;
- Comunicação entre o *ZIGBEE* coordenador e o receptor;
- Comunicação entre a rede *ZIGBEE* e o Arduino;

- Programação do Arduino;
- Conexão entre o Arduino e dispositivos;
- Desenvolvimento da interface para comunicação de comandos de acionamento entre o *ZIGBEE* coordenador e o receptor;
- Desenvolvimento de maquete para instalação dos simuladores de dispositivos residenciais;

1.5 – Estrutura do Trabalho

Capítulo 1, encontra-se a introdução parte que trata a contextualização da apresentação do problema, objetivos, justificativa e importância do trabalho, escopo e estrutura do trabalho.

Capítulo 2, explanação profunda sobre o problema que o trabalho propõe a tratar. Mostrando a importância da domótica na construção civil e para pessoas idosas ou deficientes física.

Capítulo 3, bases metodológicas para resolução do problema, oferece o embasamento teórico da proposta para solução do problema. São abordados dos dispositivos que serão utilizados como o *ZIGBEE(XBee-Pro IEEE 802.15.4)*, *CON-USBEE*, *PROTO-BEE*, *PROTO-BOARD*, Arduino, Linguagem de Programação C e PHP e conceito de automação residencial.

Capítulo 4, será detalhado modelo proposto com uma apresentação geral do mesmo, detalhando suas etapas, resultados esperados e passos da implementação.

Capítulo 5, apresenta a viabilidade da resolução mostrada no trabalho, detalhamento da maquete onde será feita a aplicação do trabalho, descrição da aplicação com resultados e fotos, dificuldades encontradas, recomendações futuras, custos estimados, avaliação do modelo mostrando sua aplicabilidade, pontos fortes, pontos fracos e análise dos resultados.

Capítulo 6, traz a conclusão do trabalho onde é mostrado se os objetivos gerais foram alcançados, avaliação dos resultados obtidos, relação custo benefício e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – AUTOMAÇÃO

2.1 - Domótica

O termo domótica vem da fusão da palavra latina *domus* (casa) e robótica. O objetivo da domótica é melhorar a qualidade de vida, reduzindo o trabalho doméstico, aumentando o bem estar e a segurança de seus habitantes com redução do consumo de energia. “Existem algumas expressões para o termo domótica, por exemplo, “*smart building*”, “*intelligent building*” “edifícios inteligentes”, “casa inteligente” (BOTELHO, 2005).

Em uma residência, seja ela uma casa independente ou um apartamento, podem existir vários graus de automação. Mais especificamente, a Domótica é a disciplina que se ocupa em estudar e aplicar soluções tecnológicas para automatizar certas operações ou seqüências de ações executadas em um ambiente doméstico (SCHNEIDER ELECTRIC). A figura 2.1 ilustra o esquemático da domótica.

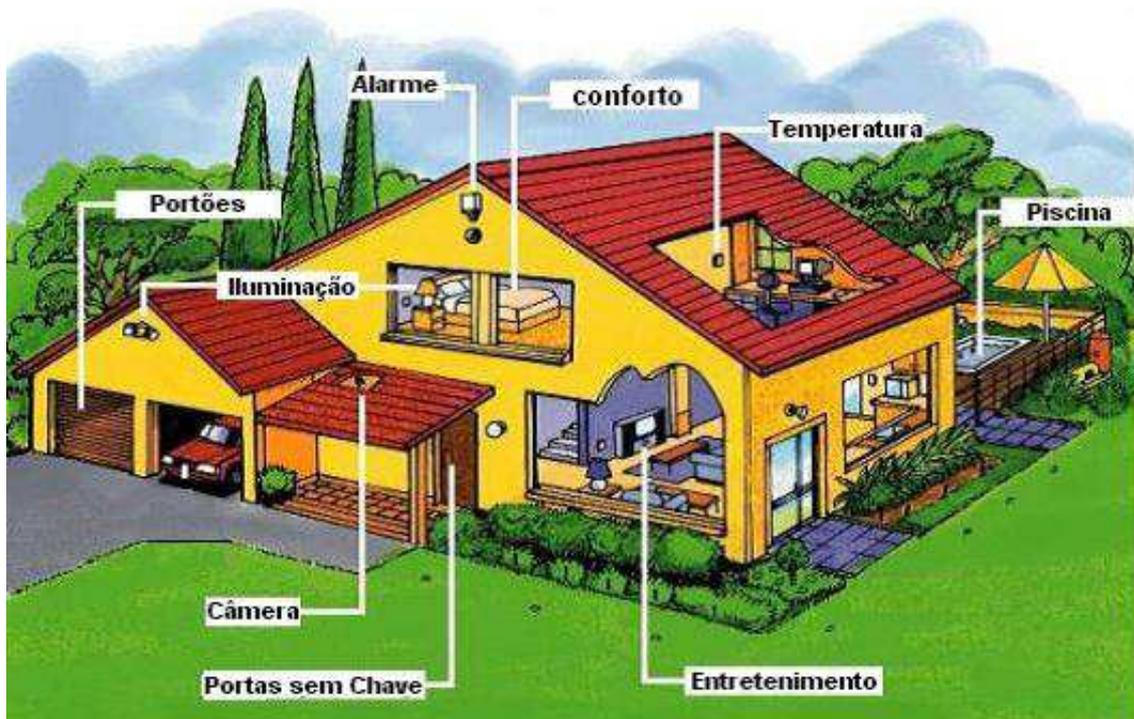


Figura 2.1 – Esquemático Domótica

Fonte: <http://www.facavocemesmo.net/beneficios-da-domotica/> acesso em 15/09/2011

2.2 – Automação Residencial e pessoas com necessidades especiais

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no último Censo Demográfico que foi em 2010 mostra que a população idosa(mais de 60 de idade) cresceu de 9,1% em 1999 para 11,3% em 2010. E também podemos contar um grupo de pessoas que também pode ser beneficiado com as comodidades da automação residencial são os deficientes físicos que segundo o Censo Demográfico de 2000 chegam a 1.416.60 milhões de pessoas e 7.939.784 milhões de deficientes motores.

Conforme Nunes (2002), a automação residencial proporciona ótimas soluções de acessibilidade no que diz respeito a pessoas com necessidades especiais, nas quais estão as pessoas com deficiências e pessoas idosas. A figura 2.2 ilustra a população brasileira segundo o CENSO 2010.

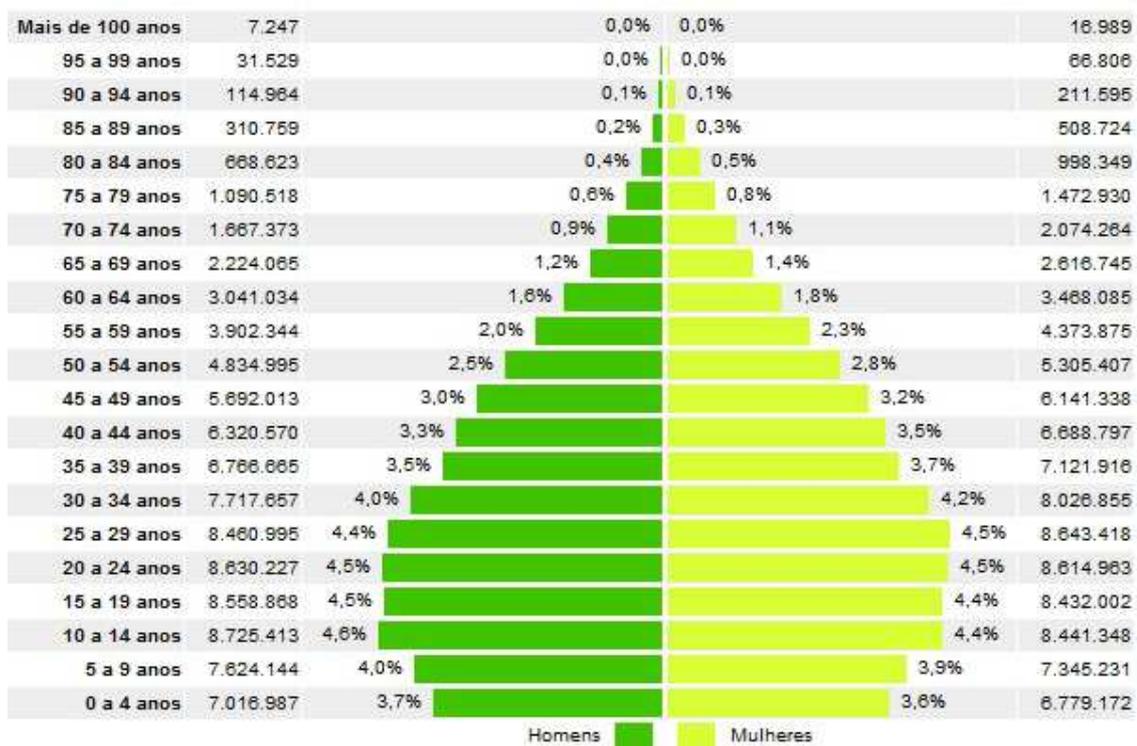


Figura 2.2 – População Brasileira Censo 2010

Fonte: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/> acesso em 17/09/2011

2.3 – Automação Residencial e a construção civil

Já é notório que a automação residencial está entrando em pauta em novos projetos de construção civil, as empresas já notam que podem aumentar seus lucros ou aumentar preços

de residências construindo as edificações já pré disposta a instalação da automação residencial.

Segundo (Godoi 2009) No Brasil, ainda em seu princípio, a domótica já agrega empresas e profissionais do ramo da construção civil que apresentam diversas opções para sistemas de automação de residências. A indústria da construção civil está iniciando um processo de adequação de seus projetos residenciais objetivando implantar uma infra-estrutura e uma cultura para automação residencial. Frequentes são consultas de incorporadores imobiliários que ambicionam aplicar soluções de tecnologia e sistemas em seus novos empreendimentos como: cabeamento estruturado para dados, voz e imagem, sistemas de segurança, áudio e vídeo, controle de iluminação, cortinas e venezianas automáticas, utilidades, o que aponta para um aumento exponencial da oferta de novos imóveis preparados para receber automação. Na verdade, mais do que tecnologia pura e simples, a automação residencial, busca atender os aspectos tecnológicos que possam proporcionar mais conforto, economia e segurança ao usuário.

2.4 - Solução

A proposta deste trabalho é apresentar uma maquete composta com lâmpadas e coolers (simuladores de dispositivos de ventilação), que serão acionados e desacionados à distância por um computador/notebook, mostrando que é possível tornar ainda mais fácil tarefa simples como acionamentos de dispositivos elétricos/eletrônicos, facilitando principalmente o dia a dia de pessoas deficientes físicas e idosas e ainda sendo utilizado como meio de valorização de residências na construção civil assim como a demonstração de mais uma tecnologia que pode ser utilizada na domótica.

CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO E TECNOLÓGICO

Para execução do projeto são necessários: dispositivo ZIGBEE, *PROTO-BEE*, *CON-USBEE*, microcontrolador, circuito desenvolvido especificamente para este projeto, e um circuito para conexão entre *PROTOBOARD*, programação, além do conceito de automação residencial.

3.1- Tecnologia Zigbee

Zigbee é uma tecnologia recente homologada apenas em maio de 2003. Esse padrão foi desenvolvido para tornar mais simples a comunicação em redes sem fio. Devido essa simplicidade ele torna mais barato a aquisição, instalação e manutenção dos equipamentos.

Atualmente, a tecnologia *ZigBee*, apesar de ser uma das mais recentes nesse grupo de aplicações sem fio, é uma especificação baseada no padrão IEEE 802.15.4, homologado em maio de 2003, sendo utilizada para automação industrial e residencial, sensor de áreas rurais, controle de periféricos para computadores e controle remoto de produtos eletrônicos. (TEIXEIRA, L. M. 2006)

Os dispositivos que utilizam essa tecnologia operam numa faixa que não necessita licença para funcionar. Segundo PINHEIRO, (2011), as faixas são 2,4GHz – Global, 915Mhz – América, e 868Mhz – Europa. Com taxa de transferência de dados 250Kbps, 40Kbps e 20Kbps respectivamente.

3.1.1 – Camadas de Protocolos

A Arquitetura *Zigbee* foi projetada em 5 camadas, sendo duas delas, camada física(PHY) e Controle de Acesso ao Meio(MAC) definidas pelo padrão IEEE802.15.4. E as outras duas, camada de rede(NWK), e suporte a aplicação(APS) definidas pela *Zigbee Alliance*, Sobrando a camada de aplicação do usuário que fica a cargo do mesmo. A figura 3.1 ilustra a camada de protocolos.

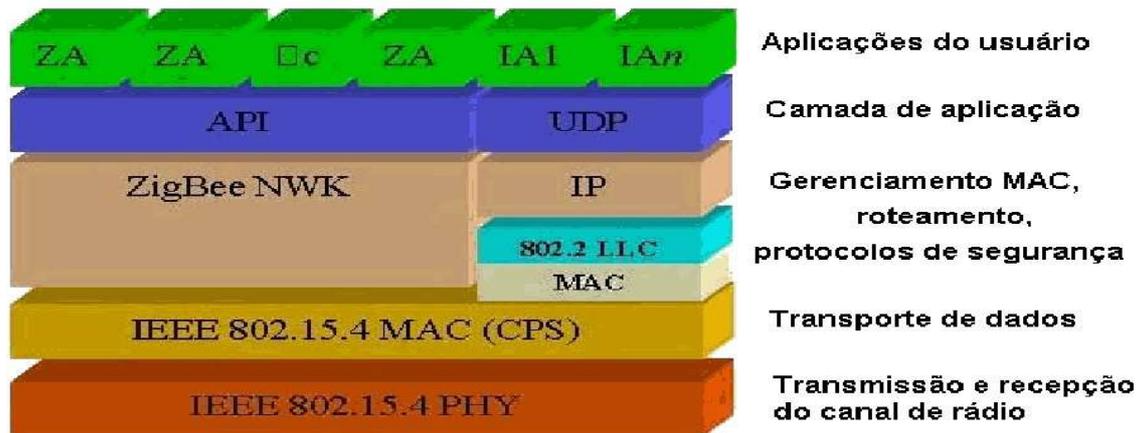


Figura 3.1 – Camada de Protocolos

Fonte: http://www.projetedereedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php acesso em 18/09/2011

A camada física (PHY) foi projetada para acomodar as necessidades de interfaces de baixo custo, permitindo níveis elevados de integração. O uso da técnica de transmissão de Sequência Direta (DSS) permite que os equipamentos sejam muito simples, possibilitando implementações mais baratas (PINHEIRO).

A camada do *Media Access Control* (MAC) foi projetada para permitir topologias múltiplas com baixa complexidade, onde o gerenciamento de energia, por exemplo, não requer modos de operação complexos. O MAC também permite que um dispositivo com funcionalidade reduzida (RFD) opere na rede sem a necessidade de grandes quantidades de memória disponíveis, podendo controlar também um grande número de dispositivos sem a necessidade de colocá-los "em espera", como ocorre em algumas tecnologias sem fio (PINHEIRO).

A camada de rede foi projetada para possibilitar o crescimento da rede sem a necessidade de equipamentos de transmissão de potência mais elevada. A camada de rede também pode operar quantidades grandes de nós de rede com latências relativamente baixas (PINHEIRO).

A camada NWK utiliza um algoritmo que permite implementações da pilha de protocolos visando balancear os custos das unidades em aplicações específicas, o consumo das baterias, buscando produzir soluções com o perfil específico de custo-desempenho para a aplicação (PINHEIRO).

3.1.2 – Características

Para PINHEIRO, (2011), O padrão *ZigBee* (IEEE 802.15.4) foi projetado objetivando apresentar as seguintes características:

- Consumo de potência baixo e implementação simples, com interfaces de baixo custo;
- Dois estados principais de funcionamento: "*active*" para transmissão e recepção e "*sleep*", quando não está transmitindo;
- Simplicidade de configuração e redundância de dispositivos (operação segura);
- Densidade elevada dos nós por a rede. As camadas PHY e MAC permitem que as redes funcionem com grande número de dispositivos ativos. Este atributo é crítico para aplicações com sensores e redes de controle;
- Protocolo simples que permite a transferência confiável de dados com níveis apropriados de segurança.

3.2 – CON-USBEE

Para facilitar a conexão do módulo *ZigBee* com o computador é utilizada a placa *CON-USBEE*, onde se consegue facilmente conectar o *ZigBee* na entrada USB de um computador para fazer o controle. A figura 3.2 ilustra a visão superior da *COM-USBEE*.

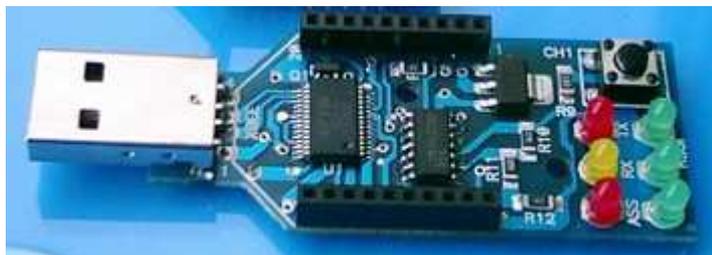


Figura 3.2 – *CON-USBEE* visão superior

Fonte: <http://www.rogercom.com/> acesso em 18/09/2011

A placa *CON-USBEE* usa um chip conversor USB/Serial; regulador de tensão LDO (baixa queda de tensão), comparador de tensão conectado aos LEDs (RSSI) que simulam a força do

sinal de RF; LEDs indicadores de TX, RX, módulo ligado (ASS), e um micro-botão para "resetar" o módulo *ZigBee*(ROGERCOM). A figura 3.3 ilustra o botão reset e LEDs indicadores da placa *CON-USBEE*.

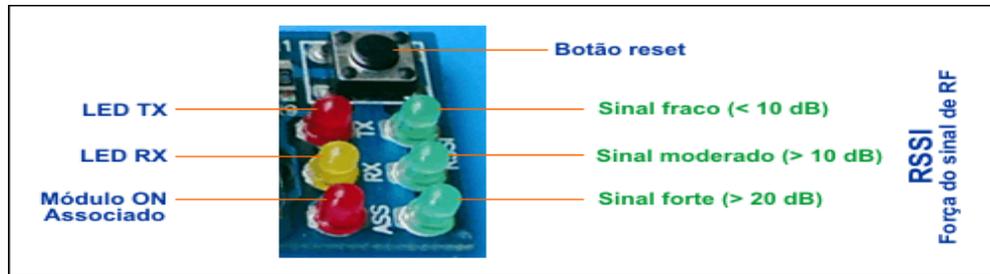


Figura 3.3 - Botão Reset e LEDs indicadores da placa *CON-USBEE*

Fonte: <http://www.rogercom.com/> acesso em 18/09/2011

Quando é instalado a *CON-USBEE* no computador o sistema operacional cria uma porta COMx virtual. Assim é possível criar um programa para se comunicar com a placa como se fosse uma comunicação serial padrão RS232. A figura 3.4 ilustra a *CON-USBEE* visão inferior.

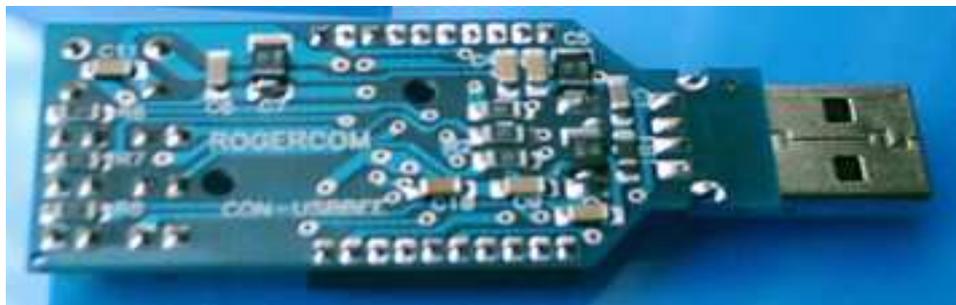


Figura 3.4 – *CON-USBEE* visão inferior

Fonte: <http://www.rogercom.com/> acesso em 18/09/2011

3.3 – *PROTO-BEE*

A *PROTO-BEE* é uma placa adaptadora para o módulo *ZigBee* com várias funções como: adaptar um módulo *ZigBee* numa matriz de contatos (*proto-board*) ou placa (PCI), regular uma tensão de (5v a 12v) em 3.3v, comunicação dos módulos com uma interface padrão RS232, *jumper* para *Loop Back* e facilidades de interconexão dos módulos com um microcontrolador, ou outros componentes numa matriz de contatos(ROGERCOM).

Existem cinco versões de placa *PROTO-BEE*, a utilizada neste projeto é a versão 5v, para facilitar a conexão com o microcontrolador que também utiliza essa voltagem, a figura 3.5 ilustra uma *PROTO-BEE* versão 5v.

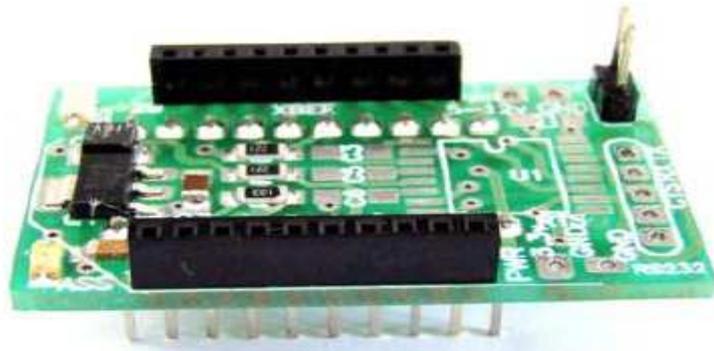


Figura 3.5 – *PROTO-BEE* versão 5v

Fonte: <http://www.rogercom.com/> acesso em 18/09/2011

Essa versão a entrada de alimentação deve ser feita nos terminais (+)(-) 5.0-12v conforme ilustra a figura 3.6.

A saída de 3.3v provê do regulador de tensão da placa *PROTO-BEE*, e pode drenar em torno de 500mA (dependendo da alimentação de entrada)(ROGERCOM).

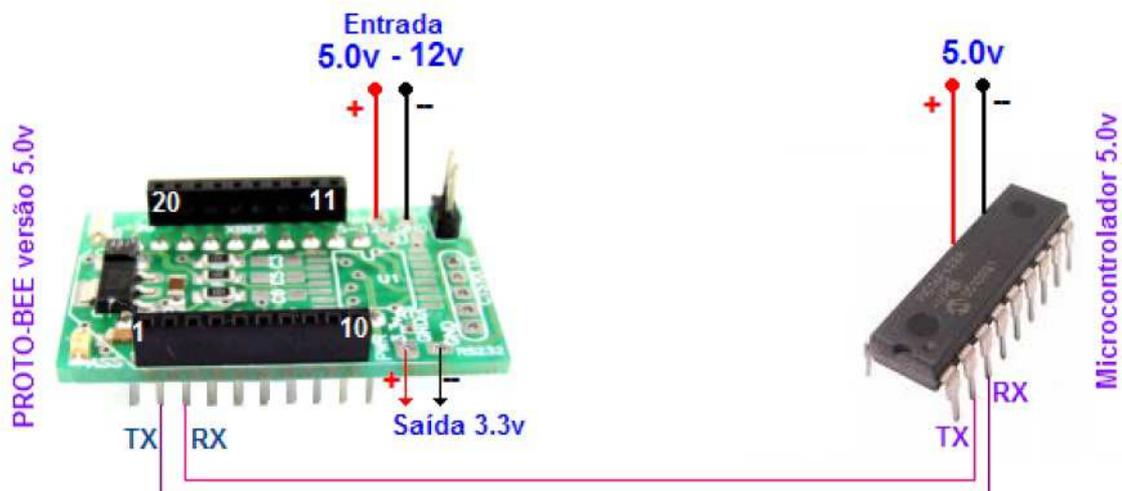


Figura 3.6 – Conexão *PROTO-BEE* e Microcontrolador

Fonte: <http://www.rogercom.com/> acesso em 18/09/2011

3.4 – *PROTO-BOARD*

Proto-board (ou Matriz de Contatos) é uma placa com centenas ou até milhares de furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais. A grande vantagem em se usar uma *protoboard* na montagem de circuitos eletrônicos é a facilidade de inserção de componentes (não necessita soldagem). As placas variam de tamanho, conforme a quantidade de furos, e as conexões são verticais e horizontais (disponível em < <http://www.aprendaeletronica.com.br/blog2011/>> acesso em 22/09/11). A figura 3.7 ilustra a *PROTO-BOARD*

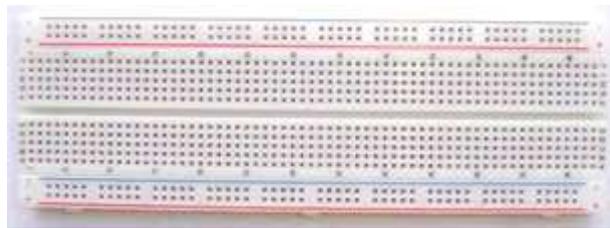


Figura 3.7 – *PROTO-BOARD*

Fonte: Autor

3.5 – Componentes do Circuito 1 e 2

O circuito 1 é o circuito que vai ser utilizado para a conexão entre os dispositivos elétricos/eletrônicos e vai utilizar os seguintes componentes conforme ilustra figura 3.8:

Acoplador ótico: chaveamento, função separar um circuito do outro.

Relé: chave elétrica responsável pela liberação ou não do pulso elétrico na tomada.

Transistor: filtro de corrente para não queimar o microcontrolador.

Diodos: impede que os pólos sejam invertidos, impedindo que o pulso elétrico percorra outro caminho que não o desejado.

Resistências: filtro de tensão, evita que os componentes que a procedem sejam danificados. A figura 3.8 ilustra os componentes eletrônicos do circuito 1.

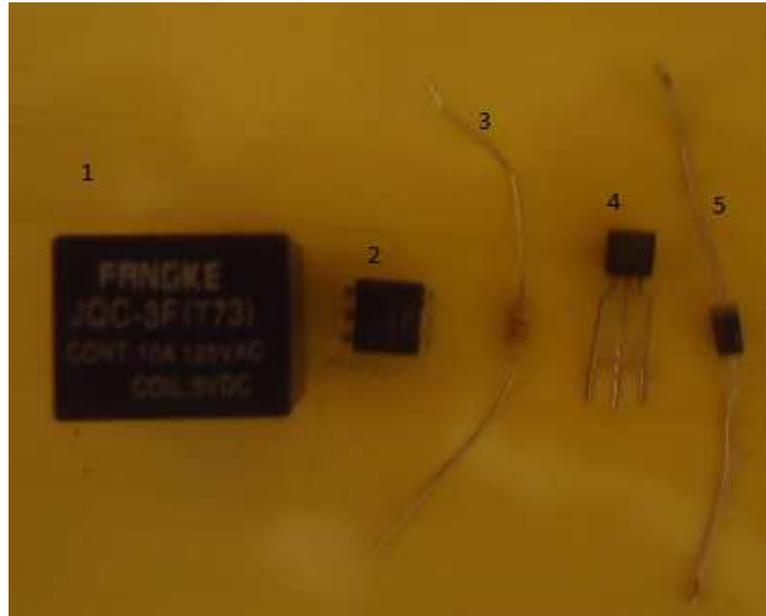


Figura 3.8 – Componentes Circuito 1: 1-Relé, 2-Acoplador Óptico, 3-Resistor, 4-Transistor e 5-Diodo

Fonte – Autor

Já o Circuito 2 vai fazer conexão entre o *ZIGBEE* receptor e o Arduino e utiliza os seguintes componentes que ilustram a figura 3.0.

Resistências: Já citado acima sua função,

Capacitor : Funciona como pilha, armazenando a energia que vem da saída de 3.3v do arduino.

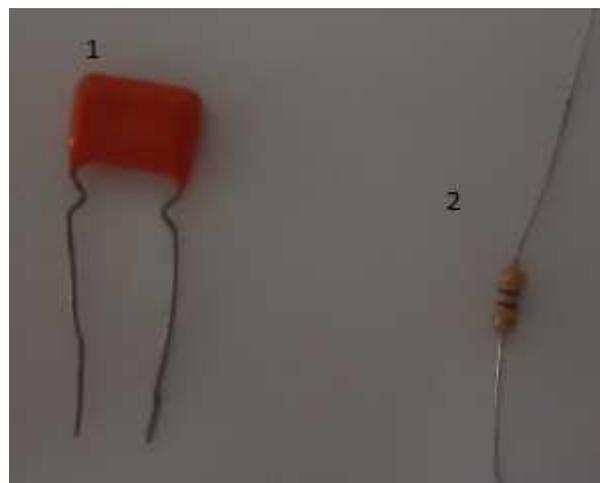


Figura 3.9 – Componentes do Circuito 2 – 1-Capacitor, 2-Resistência

Fonte - Autor

3.6 – Arduino

O Arduino é um microcontrolador e alguns outros componentes eletrônicos montados numa pequena placa de circuito impresso com uma interface serial para comunicação com um computador padrão PC. Nessa placa existe também alguns conectores onde podem ser ligados outros circuitos externos, como sensores, leds, chaves, relés e pequenos motores. O Arduino é uma ferramenta para criação de protótipos de Eletrônica baseada no conceito de *software* e *hardware* livres(SILVEIRA2011).

Software e Hardware livres são projetos que são criados, mas podem ser modificados por qualquer pessoa para atender suas necessidades. De modo que todos usuários pode usufruir dessas modificações.

3.6.1 – Arduino Duemilanove

O Arduino *Duemilanove* (“2009”) conforme ilustra a figura 3.10, é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328. Ele possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas analógicas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada para alimentação e um botão de reset.(disponível em <<http://multilogica-shop.com/Arduino-duemilanove>> acesso em 27/09/2011)

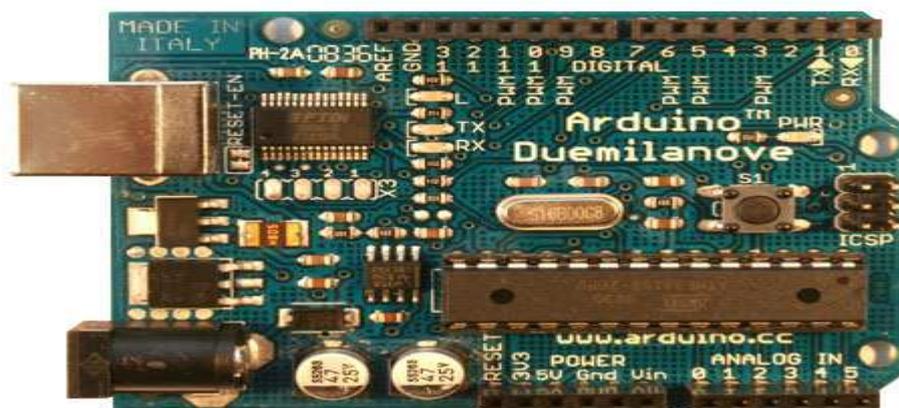


Figura 3.10 – Arduino *Duemilanove*

Fonte: <<http://multilogica-shop.com/Arduino-duemilanove>> acesso em 27/09/2011

3.6.1.1 – Características

O Arduino *Dumilanove* tem como microcontrolador o ATmega328, e funciona numa voltagem operacional de 5V que pode ser alimentada por uma conexão USB ou qualquer fonte de alimentação externa, desde que numa voltagem de alimentação limite entre 6 à 20 V

3.7 – Linguagens de Programação

3.7.1 – Conceito

Para facilitar a tarefa de programar um computador, foram criadas várias linguagens de programação. Estas linguagens são uma maneira de tentar escrever as tarefas que o computador vai realizar de maneira mais parecida com a linguagem natural. Embora ainda seja muitas vezes complexo em comparação com a linguagem natural, um programa escrito em uma linguagem de programação é muito mais fácil de ser implementado, compreendido e modificado.

As linguagens de programação são um meio termo entre a linguagem de máquina e a linguagem natural. Deste modo são classificadas de acordo com o nível entre a linguagem natural ou de máquina que ocupam. As linguagens muito parecidas com linguagem de máquina são chamadas de linguagens de baixo nível e suas instruções parecem-se muito com aquelas que serão executadas pelo processador. As linguagens de alto-nível são as que guardam mais semelhanças com a linguagem natural. Exemplo de linguagens de baixo nível é a linguagem de montagem (*assembly*). Exemplos de linguagens de alto-nível são: Pascal, C, Fortran, Java, Perl, Python, Lisp, PHP, entre outras(MEDINA E FERTIG).

3.7.2 – Linguagem C

A linguagem C foi inventada e implementada primeiramente por Dennis Ritchie em um DEC PDP – 11 que utilizava o sistema operacional UNIX. C é o resultado de um processo de desenvolvimento que começou com uma linguagem mais antiga a chamada BCPI que ainda está em uso em sua forma original na Europa (SCHILDT).

Segundo SÁ (2005) Sua sintaxe é sucinta e não restringe as maneiras como um resultado pode ser alcançado, permitindo ao desenvolvedor fazer praticamente o que quiser para alcançar esses resultados, com geração mínima de código e uso de memória, o que a torna uma linguagem muito mais rápida.

Neste projeto o a linguagem C foi escolhida para fazer a programação do microcontrolador.

3.7.3 – Linguagem PHP

O PHP é uma das linguagens mais utilizadas na *Web*. Hoje mais de 10 milhões de sites no mundo inteiro utilizam PHP. A principal diferença entre as outras linguagens é a capacidade que o PHP tem de interagir com o mundo Web, transformando totalmente os *websites* que possuem páginas estáticas (NIEDERAUER).

O PHP tem outra vantagem que além de ser gratuito, ele tem o código de software aberto, ele será utilizado neste projeto para criação da interface para o controle do dispositivo, esta linguagem foi escolhida porque ela abre brecha para projetos futuros com a implementação da automação internet.

3.8 - Automação Residencial

A automação residencial, também conhecida como “domótica” (do latim *domus* (casa) e do grego *automatika* (automática)) é definida como um sistema ou método pelo qual é possível controlar e realizar eventos sem a necessidade de um pensamento consciente. (CHAMUSCA).

A automação residencial pode ser incorporada nesta nova ideologia da domótica, agregando conceitos de outras ciências como a Arquitetura, Engenharia, Ciências da Computação, Medicina, Sociologia, Psicologia e outros; estudando assim todas as necessidades e demandas do usuário, tornando a domótica um diferencial no segmento residencial(BOLZANI).

A domótica tem como objetivo principal melhorar a qualidade de vida das pessoas, através de instalações tecnológicas nas residências é possível aperfeiçoar desde simples tarefas até as mais complexas do nosso dia-a-dia, proporcionando segurança e conforto aos usuários, além de contribuir para a utilização racional dos recursos naturais. Atualmente a automação residencial deixa de ser uma alusão futurística e se torna cada vez mais presente nas residências por todo o mundo (CHAMUSKA).

CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO

4.1 – Apresentação do modelo proposto

A proposta deste projeto é a criação de um protótipo para a simulação de uma residência com sistema de iluminação e de ventilação, ambos sendo ligados e desligados de acordo com o acionamento remoto pelo computador/notebook. Para que o protótipo funcione, são necessários componentes de hardware e software interligados.

O processo de funcionamento se inicia pelo dispositivo ZIGBEE Coordenador aguardando uma ação do usuário no programa criado em PHP. Uma vez dado um comando, o ZIGBEE Coordenador envia um sinal com o comando solicitado pelo usuário que é recebido pelo ZIGBEE Receptor, uma vez recebido esse sinal, ele é enviado para o microcontrolador que através do software, aciona ou desaciona o dispositivo que foi solicitado pelo usuário. A figura 4.1 ilustra as etapas do desenvolvimento do projeto.

Etapas do Desenvolvimento



Figura 4.1 – Representação geral do funcionamento do protótipo

Fonte - Autor

4.2– Esquemático do protótipo do projeto

O Projeto é composto, fisicamente, por um microcontrolador, *ZIGBEE*, *PROTO-BEE*, lâmpadas e coolers, cuja maquete está apresentada na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Maquete

Fonte: Autor

O *ZIGBEE* Coordenador uma vez conectado ao computador/notebook pela entrada USB, cria uma porta COMx conforme ilustra figura 4.3 que simula através da própria USB uma porta serial.

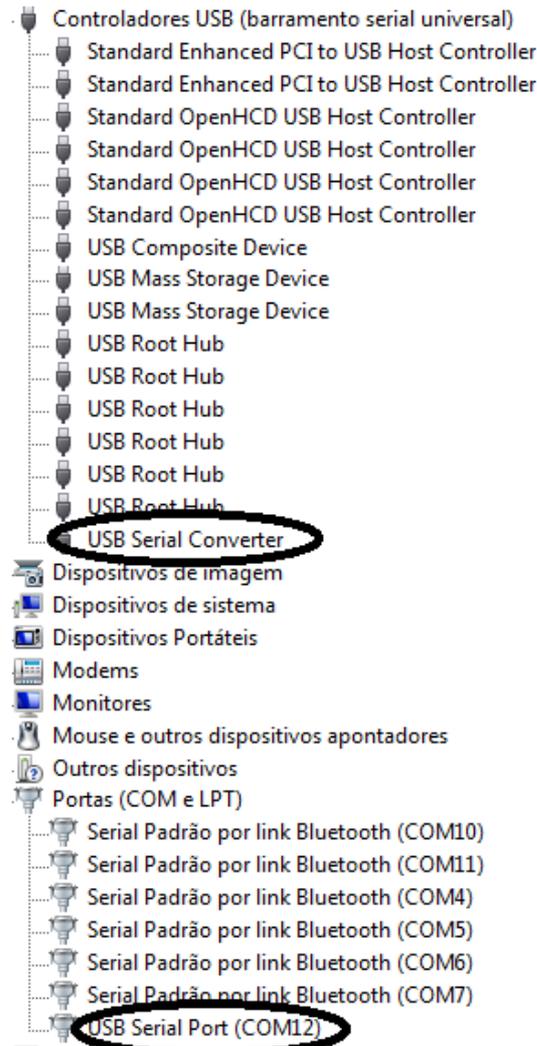


Figura 4.3 – Simulação porta serial pelo USB

Fonte: Autor

Desta forma com a programação no X-CTU é possível sincronizar com o *ZIGBEE* Receptor conectado a *PROTO-BOARD*-microcontrolador criando a comunicação entre eles conforme figura 4.4.

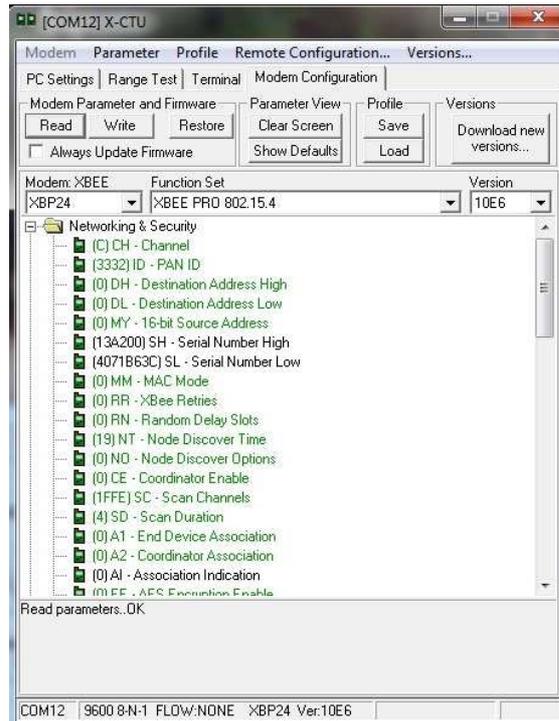


Figura 4.4 – Endereçamento dos dispositivos *ZIGBEE*

Fonte: Autor

Uma vez em comunicação os dispositivos *ZIGBEE*s o programa X-CTU também tem um local onde é possível verificar se esta comunicação está com perda de dados ou não. Conforme ilustrado na figura 4.5 a comunicação não teve perda de dados. Quando tudo estiver funcionando adequadamente é possível criar o programa para o controle dos dispositivos.

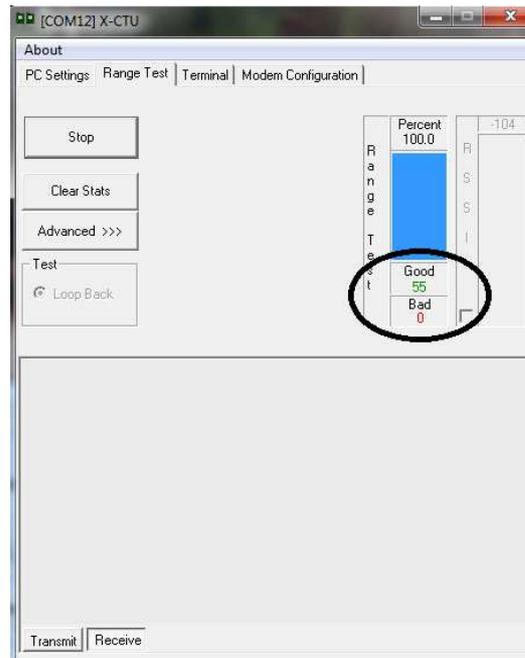


Figura 4.5 – Perda de Dados

Fonte:Autor

Verificando que o sistema não tem perda de dados ou tem um limite aceitável para o funcionamento do protótipo é possível fazer a programação do Arduino para os acionamentos.

4.3– *Hardwares e Softwares do modelo proposto*

Para construção do projeto em nível de software, é utilizado o software Arduino *Alpha* e X-CTU ambos gratuitos, dois códigos desenvolvidos pelo autor, um para ser usado no microcontrolador e o outro para interface no computador/notebook em PHP.

O Arduino *Alpha* funciona como compilador, somente orientando o na interatividade entre o microcontrolador, circuito e dispositivos elétrico/eletrônico.

O X-CTU funciona como sincronizador entre os dois dispositivos *ZIGBEES* e através dele é que possível obter uma comunicação entre os mesmos.

Já em Hardware foram utilizados os seguintes componentes, Arduino *Duemilinueve*, o circuito de acionamento, formado pelo o transistor, relé, resistência, diodo e acoplador ótico.

O microcontrolador é alimentado por uma bateria de 9V conforme ilustra figura 4.6, e é o principal componente, pois através dele é feito todo controle do protótipo.

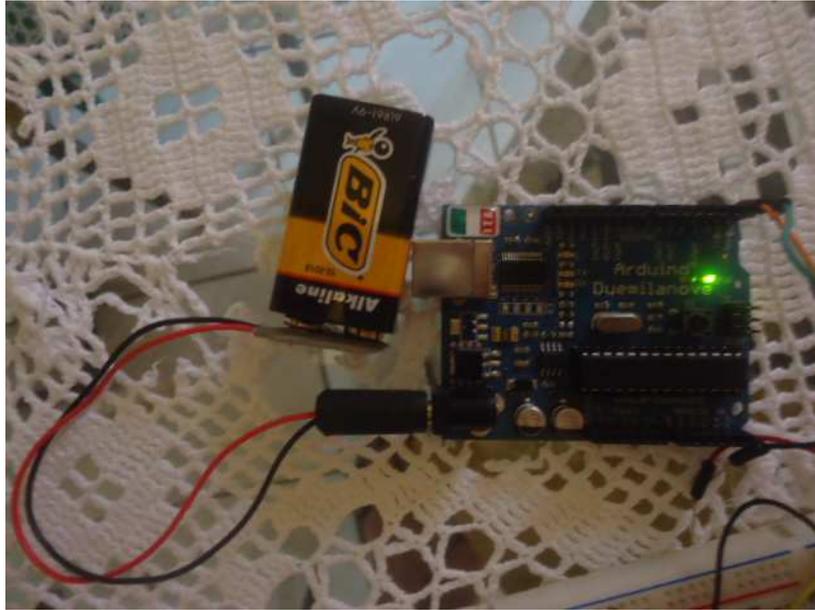


Figura 4.6 – Alimentação Arduino

Fonte: Autor

Os circuitos de acionamento e o microcontrolador acionam três lâmpadas que formam a simulação do sistema de iluminação e os coolers que simulam o sistema de ventilação.

4.4– Montagem do Circuito 1 e 2

Cada circuito é alimentado por uma fonte de alimentação formada por 4 pilhas totalizando 6v. A figura 4.7 ilustra o circuito 1.



Figura 4.7 – Circuito 1

Fonte – Autor

O circuito 2 apesar de só trabalhar com pequenas tensões, também tem que ser montado com cuidado pois essas voltagens são capazes de queimar o *ZIGBEE* Receptor. A figura 4.8 ilustra o circuito 2 acoplado ao arduino.

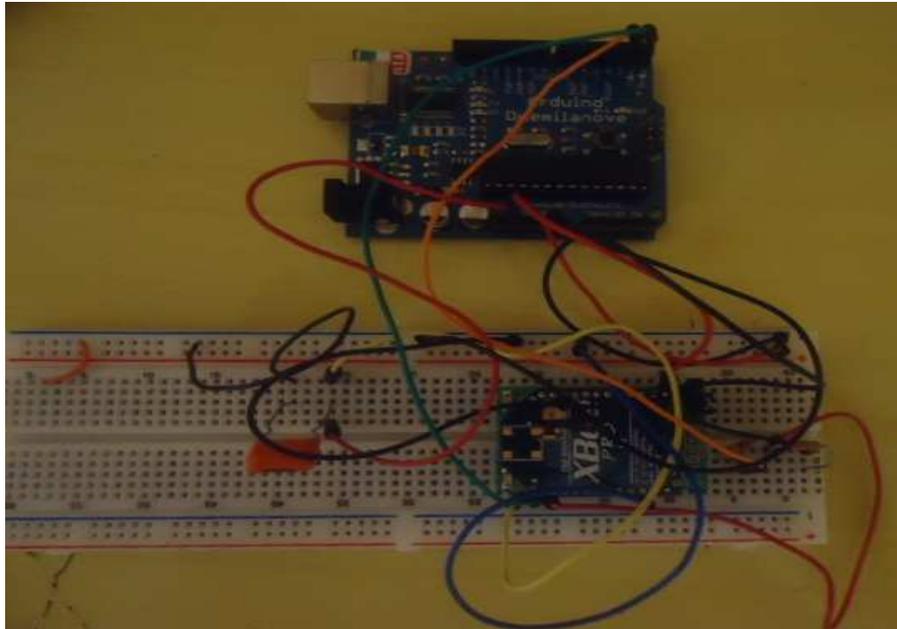


Figura 4.8- Circuito 2 acoplado ao Arduino

Fonte - Autor

A alimentação dela é feita pelo Arduino com a saída 3.3v e é sustentado pelo capacitor acoplado no circuito2. A figura 4.9 ilustra a saída 3.3v do arduino.

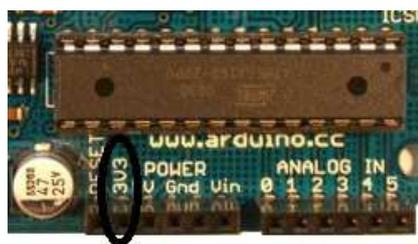


Figura 4.9 – Saída 3.3v Arduino

Fonte - Autor

4.5– Processo de acionamento do sistema

Uma vez todos componentes integrados entre si já se torna possível o funcionamento do sistema, começando pelo circuito 2 caso um comando seja dado pelo o usuário um sinal é

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO

5.1 – Aplicação do Protótipo Proposto

O protótipo tem por finalidade realizar simulações de dispositivos elétricos/eletrônicos de uma residência através de lâmpadas e coolers. A sua aplicação conforme exposto nos capítulos 1 e 2, visa melhorar da comodidade do dia a dia, abre uma visão para construção civil além de facilidade para pessoas com problemas de locomoção.

O Projeto foi desenvolvido com fins acadêmicos, mas durante testes realizados e apresentação em seminário foi possível verificar que sua aplicabilidade pode ser utilizada para fins comerciais. Levando em conta os resultados obtidos e custo dos equipamentos utilizados para montagem, nota-se que é realmente possível sua utilização para fins comerciais, pois comprando em larga escala e com pesquisa de preços pode-se chegar a um valor acessível, além de saber que o *ZIGBEE* tem capacidade de coordenar até 65535 dispositivos receptores.

5.2 – Descrição da Aplicação do Protótipo

A princípio é feito um acionamento pelo usuário, onde é emitida uma solicitação do *ZIGBEE* Coordenador para o *ZIGBEE* Receptor que envia a informação para o microcontrolador, onde é gerado um pulso que pode ter 2 ações: se encaminhado para algum cooler ele aciona automaticamente o dispositivo, se encaminhado para alguma lâmpada, esse pulso passa por um circuito especificamente montado para conseguir fazer a lâmpada acender.

5.3 – Resultados do Projeto

5.3.1 – Resultados Esperados

O resultado esperado é o funcionamento dos acionamentos de acender e desligar os dispositivos elétricos/eletrônicos utilizando a tecnologia *ZIGBEE* e o arduino. O sistema em funcionamento é possível acionar ou desacionar 5 dispositivos conectados a maquete.

A alimentação do sistema é dividida em três formas: 4 pilhas para a alimentar o circuito que aciona as lâmpadas, uma de bateria 9V para alimentação do arduino, e o circuito onde se encontra o *ZIGBEE* Receptor é alimentado pela saída de 3.3V do arduino.

Com isso, demonstra-se uma solução mais simples e barata para automação residencial. Assim como facilitar o andamento de projetos de automação na construção civil.

Pretende-se que na conclusão deste projeto demonstrar uma solução mais barata para automação em residências. Mostrando em uma maquete a viabilidade do acionamento do sistema de dispositivos eletro/eletrônicos.

5.3.2 – Resultados obtidos

O protótipo respondeu os acionamentos adequadamente através dos dispositivos *ZIGBEE*.

Em princípio para teste de funcionalidade de comunicação dos dispositivos foi utilizado um led na porta 13 do arduino. Onde também foi possível testar o alcance do *ZIGBEE* no qual pelo programa X-CTU mostrava se havia perdas de dados recebidos e enviados. Nesses testes não houve verificação de perdas apesar de obstáculos como paredes.

Logo que verificado que a comunicação estava adequada, foi montado o circuito que tornava possível o acionamento de lâmpadas onde nos testes realizados também funcionou adequadamente conforme ilustra figura 5.1. Foram testadas uma a uma todas na porta 13 do arduino.

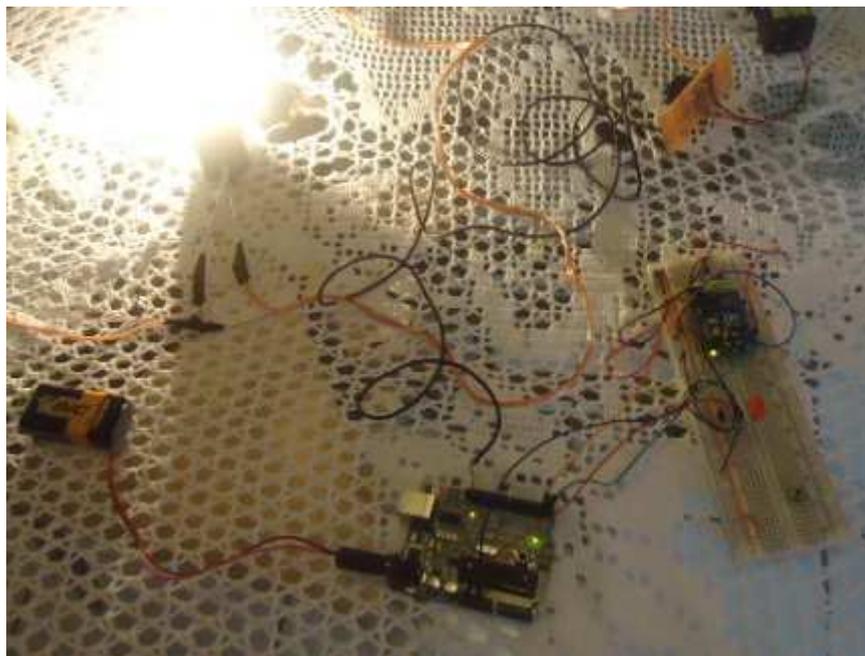


Figura 5.1 – Teste Lâmpada

Fonte: Autor

Após o teste com as lâmpadas, foi realizado com os coolers também um a um. O primeiro cooler 8 cm por 8 cm, também respondeu adequadamente os testes, agora o cooler 12cm por 12cm não respondeu mesmo tendo a precisando dos mesmo 12V que o outro necessitava. Daí foi necessário utilizar dois coolers de 8 cm por 8cm. A figura 5.2 ilustra o teste dos coolers.

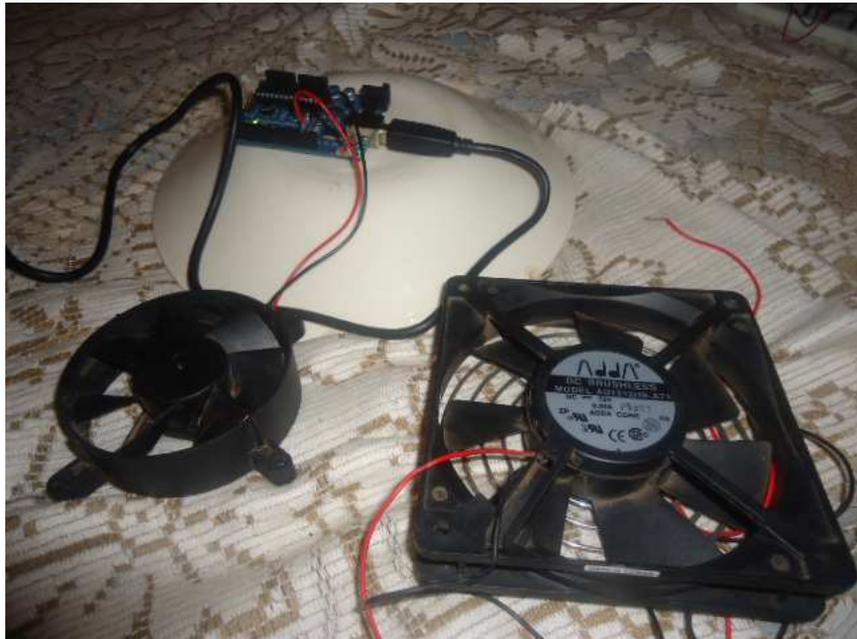


Figura 5.2 – Teste Coolers

Fonte: Autor

Com todos dispositivos funcionando adequadamente, foi feito ajustes na programação do arduino para tornar as outras portas necessárias pronta para acionamentos. Após esses ajustes foi montada a maquete e interligados todos os dispositivos na mesma. A figura 5.3 ilustra a maquete parte traseira.

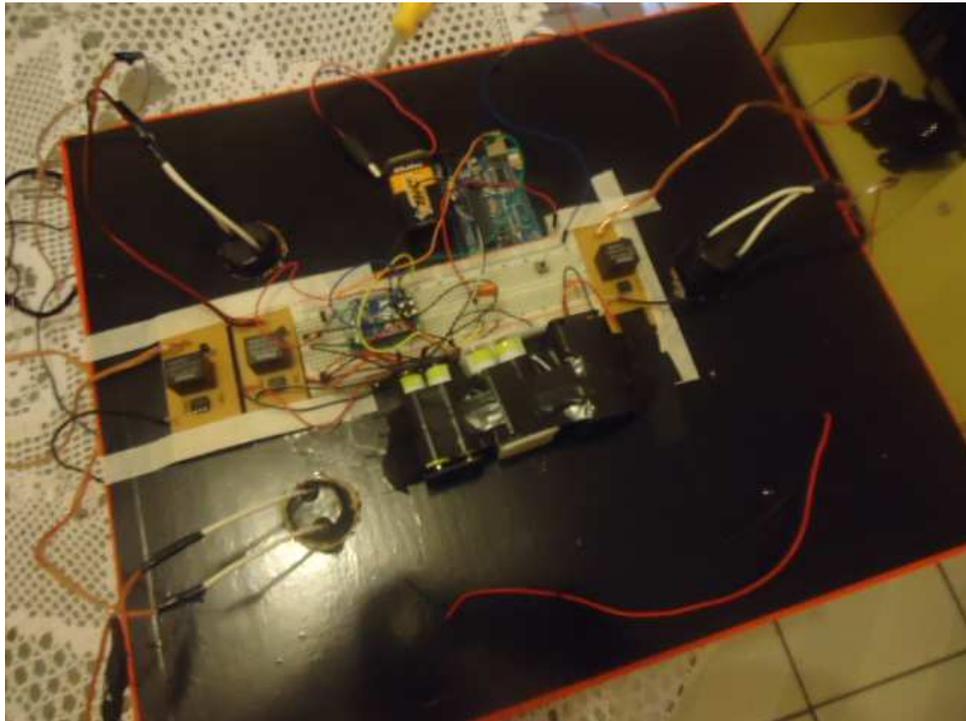


Figura 5.3 – Maquete parte traseira

Fonte autor

Com todos dispositivos interligados, foi realizados novos testes agora deixando acionados todos os itens juntos e revezando o funcionamento dos mesmos. Durante esses testes um dos coolers parou de funcionar e foi necessário sua substituição.

Após essa substituição o sistema funcionou adequadamente por cerca de 15 minutos e após esse tempo os dois coolers pararam de funcionar. O que no principio foi pensado que tinha queimado duas portas do microcontrolador, mais analise foi verificado que a fonte de alimentação de 9V oriunda da bateria não suportava todos os dispositivos funcionando simultaneamente. Uma vez que os dois coolers eram alimentados diretamente pelo microcontrolador, sobrecarregando o arduino. As lâmpadas são alimentadas por tomadas 220V, e seu circuito por 4 pilhas de 1,5V, não sobre carregam o microcontrolador.

Desta forma, foi feita a substituição da bateria 9V, por uma fonte de alimentação de 12V ligada diretamente a uma tomada de 220V. Após essa substituição o sistema funcionou adequadamente mesmo após horas de funcionamento simultâneo.

Após todos esses testes realizados foi feita a interface que ilustra a figura 5.4 para controle através da linguagem PHP e do HTML. Depois da criação outro teste foi realizado no qual os dispositivos não respondiam ao acionamento.



Figura 5.4 – Interface Final

Fonte: Autor

A solução foi a alteração da porta serial simulada pelo *ZIGBEE* Coordenador de COM15 para COM1, uma vez que a linguagem PHP não estava conseguindo acessar a mesma. Após essa alteração o sistema voltou a funcionar adequadamente.

5.3.3 – Comparação entre resultado esperado e obtido

Tanto em *hardware* quanto em *software*, os resultados foram positivos, pois o protótipo criado com o objetivo de acionamentos de dispositivos elétrico/eletrônicos funcionou adequadamente, apesar das pequenas alterações não foi preciso alterar o escopo do projeto.

5.4 – Custos do Projeto

O quadro 5.1 ilustra os dispositivos e equipamentos que foram adquiridos para construção do projeto e seus respectivos valores.

Quadro 5.1 – Custos do Projeto / Fonte: Autor

Descrição do Item	Valor Unitário (R\$)	Unidade	Valor Total (R\$)
Microcontrolador Arduino	120,00	1	120,00
<i>Zigbee</i>	140,00	2	280,00
<i>CON-USBBEE</i>	110,00	1	110,00
<i>PROTO-BEE</i>	25,00	2	50,00
<i>PROTO-BOARD</i>	15,00	1	15,00
Extensão	10,00	1	10,00
Componentes eletrônicos	50,00	1	50,00
TOTAL DO PROJETO			635,00

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

Este projeto é voltado para área de automação residencial, sendo que a área desenvolvida foi o acionamento lâmpadas e coolers que simulam sistemas de iluminação e ventilação de uma residência. Para efetivação do projeto foi necessário um sistema composto de software e hardware.

Na implementação do projeto, foi utilizado como elemento principal, um microcontrolador da família *Arduino*, responsável por realizar o controle dos acionamentos e emitir sinais para os demais componentes, fazendo com que o sistema funcione.

Foi desenvolvido também um circuito de acionamento que possibilita ligar e desligar lâmpadas 220V. O sistema se mostrou adequado no propósito de automatizar dispositivos elétrico/eletrônicos, que pode ser utilizados não só em residências mais qualquer outro lugar que possa necessitar de automação, trazendo conforto e comodidade no dia a dia do ser humano.

6.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros

- Implementação desse projeto para funcionalidade na WEB.
- Monitoramento de pacientes hospitalizados utilizando *ZIGBEE*.
- Controle de Medidor de energia utilizando *ZIGBEE*.

BIBLIOGRAFIA

- APRENDAELETRONICA, **Home Page.** Disponível em <http://www.aprendaeletronica.com.br/blog2011/> Acesso em 22 set 2011
- BOLZANI, M. **Residências Inteligentes: um curso de domótica.** 1º ed. São Paulo. Livraria da Física, 2004.
- BOTELHO, Wagner. T. **Um sistema de identificação e adaptação pervasivo para a casa inteligente utilizando sistemas multiagentes.** Dissertação Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro: 2005. (2005-Wagner_Botelho.pdf, 3.29 mb). Disponível em: http://www.de9.ime.eb.br/dissertacoes/2005-Wagner_Botelho.pdf. Acesso em: 15 set.2011.
- CHAMUSCA. **Domótica & Segurança Electronica. "A Inteligência que se Instala".** Ingenium, 2006.
- GODOI, Ricardo. S. **AUTOMAÇÃO DE RESIDÊNCIAS. Uma análise da viabilidade da aplicação da domótica.** Guaratinguetá, 2009. 73p. Monografia, Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá.
- MULTILOGICA, **Home Page.** Disponível em <http://multilogica-shop.com/Arduinoduemilanove> Acesso em 27 set.2011.
- Marco Medina, Cristina Fertig, **ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO: TEORIA E PRÁTICA,** São Paulo, Novatec Editora, 2005.
- NIEDERAUER, Juliano. **Desenvolvendo Websites com PHP** 1 ed. Novatec, 2006
- NUNES, Renato. J. C. **Arquitetura de um Controlador Domótico Flexível e de Baixo Custo.** CCTE 2002 - Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia, ISEL, Lisboa, Maio 2002. Disponível em: <http://www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/CCTE02/papers/finais/jetc/338.pdf>. Acesso em: 15 set.2011
- SÁ, Mauricio Cardoso de. **Programação C para Microcontroladores 8051.** 1 ed. São Paulo: Érica, 2005.
- SCHILDT, Herbert. **C completo e total** 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1995.
- SCHNEIDER ELECTRIC, **Empresa. Introdução a Automação** Disponível em <http://www.schneider-electric.com.br/sites/brasil/pt/produtos-servico.page> Acesso em: 15 de setembro de 2011.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **As Redes com ZIGBEE.** Disponível em: <http://www.projetodereses.com.br/artigos/artigo_zigbee.php> Acesso em 10 set 2011.

ROGERCOM, **Home Page.** Disponível em <<http://www.rogercom.com/>> Acesso em 19 de ago de 2011.

SILVEIRA, João Alexandre. **O Arduino.** Disponível em: <<http://www.ordemnatural.com.br/>> . Acesso em 12 de outubro de 2011.

TEIXEIRA, L. M. Desenvolvimento de uma aplicação com o protocolo ZigBee aplicado em Instrumentação de Ensaio em Vôo. 2006. 163 f. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. Disponível em: <http://www.bd.bibl.ita.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=851>. Acesso em: 20 de mai. 2009.

APÊNDICE

Programação C

```
int lamPin13 = 13;// jogar portas para int
int lamPin12 = 12;
int lamPin11 = 11;
int lamPin10 = 10;
int lamPin9 = 9;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(lamPin13, OUTPUT); //chama portas
  pinMode(lamPin12, OUTPUT);
  pinMode(lamPin11, OUTPUT);
  pinMode(lamPin10, OUTPUT);
  pinMode(lamPin10, OUTPUT);

}

void loop()
{
  char tecla;
  tecla = Serial.read();
  if(tecla == 'a')
  {
    digitalWrite(lamPin13, HIGH);
```

```
}  
else  
  if(tecla == 's')  
  {  
    digitalWrite(lamPin12, HIGH);  
  }  
else  
  if(tecla == 'd')  
  {  
    digitalWrite(lamPin11, HIGH);  
  }  
else  
  if(tecla == 'f')  
  {  
    digitalWrite(lamPin10, HIGH);  
  }  
else  
  if(tecla == 'g')  
  {  
    digitalWrite(lamPin9, HIGH);  
  }  
else  
  
  if(tecla == 'z')  
  {  
    digitalWrite(lamPin13, LOW);  
  }
```

```
    else
        if(tecla == 'x')
        {
            digitalWrite(lamPin12,LOW);
        }
    else
        if(tecla == 'c')
        {
            digitalWrite(lamPin11,LOW);
        }
    else
        if(tecla == 'v')
        {
            digitalWrite(lamPin10,LOW);
        }
    else
        if(tecla == 'b')
        {
            digitalWrite(lamPin9,LOW);
        }
    delay(1000);
}
```

Programação PHP

```
echo "Ligou Lampada 3";
fwrite($port, "d");
```

```
}  
if ($_POST['estado']=="ventilador1a")  
{  
    echo "Ligou Ventilador 1";  
    fwrite($port, "f");  
}  
if ($_POST['estado']=="ventilador2a")  
{  
    echo "Ligou Ventilador 2";  
    fwrite($port, "g");  
}  
if ($_POST['estado']=="lampada1d")  
{  
    echo "Desligou Lampada 1";  
    fwrite($port, "z");  
}  
if ($_POST['estado']=="lampada2d")  
{  
    echo "Desligou Lampada 2";  
    ifwrite($port, "x");  
}  
if ($_POST['estado']=="lampada3d")  
{  
    echo "Desligou Lampada 3";  
    fwrite($port, "c");  
}  
if ($_POST['estado']=="ventilador1d")
```

```
{
echo "Desligou Ventilador 1";
fwrite($port, "v");
}
if ($_POST['estado']=="ventilador2d")
{
echo "Desligou Ventilador 2";
fwrite($port, "b");
}
fclose($port);
?>
```

HTML

```
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Language" content="pt-br">
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1">
<title>Automação Residencial Utilizando Zigbee</title>
<style type="text/css">
body {
    background-color: #9F9;
}
</style>
</head>
<body>
```

```

<div align="center">
  <p>Automa&ccedil;&atilde;o Residencial Utilizando ZIGBEE</p>
  <table width="350" border="0" cellspacing="4" cellpadding="4">
    <tr></tr>
    <tr>
      <td><!-------POST DO BOTAO LIGAR LAMPADA 1----->
      <form method="POST" action="arduino.php">
        <p>
          <input type="hidden" value="lampada1a" name="estado" >
          <input type="submit" value="Ligar Lampada 1" name="Lampada 1">
        </p>
        </form></td>
      <td><!-------POST DO BOTAO DESLIGAR LAMPADA 1----->
      <form method="POST" action="arduino.php">
        <p>
          <input type="hidden" value="lampada1d" name="estado" >
          <input type="submit" value="Desligar Lampada 1" name="Lampada 1d">
        </p>
        </form></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><!-------POST DO BOTAO LIGAR LAMPADA 2----->
      <form method="POST" action="arduino.php">
        <input type="hidden" value="lampada2a" name="estado" >
        <input type="submit" value="Ligar Lampada 2" name="Lampada 2">

```

```
</form></td>
```

```
<td><!-------POST DO BOTAO DESLIGAR LAMPADA 2----->
```

```
<form method="POST" action="arduino.php">
```

```
<input type="hidden" value="lampada2d" name="estado" >
```

```
<input type="submit" value="Desligar Lampada 2" name="Lampada 2d">
```

```
</form></td>
```

```
<tr>
```

```
<td><!-------POST DO BOTAO LIGAR LAMPADA 3----->
```

```
<form method="POST" action="arduino.php">
```

```
<p>
```

```
<input type="hidden" value="lampada3a" name="estado" >
```

```
<input type="submit" value="Ligar Lampada 3" name="Lampada 3">
```

```
</p>
```

```
</form></td>
```

```
<td><!-------POST DO BOTAO DESLIGAR LAMPADA 3----->
```

```
<form method="POST" action="arduino.php">
```

```
<p>
```

```
<input type="hidden" value="lampada3d" name="estado" >
```

```
<input type="submit" value="Desligar Lampada 3" name="Lampada 3d">
```

```
</p>
```

```
</form></td>
```

```
</tr>
```

```

<tr>
  <td><!-------POST DO BOTAO LIGAR VENTILADOR 1----->

<form method="POST" action="arduino.php">

  <input type="hidden" value="ventilador1a" name="estado">
  <input type="submit" value="Ligar Ventilador 1" name="Ventilador 1">

</form></td>

  <td><!-------POST DO BOTAO DESLIGAR VENTILADOR 1-----
>

<form method="POST" action="arduino.php">

  <input type="hidden" value="ventilador1d" name="estado">
  <input type="submit" value="Desligar Ventilador 1" name="Ventilador 1d">

</form></td>

</tr>

<tr>
  <td><!-------POST DO BOTAO LIGAR VENTILADOR 2----->

<form method="POST" action="arduino.php">

  <input type="hidden" value="ventilador2a" name="estado" >
  <input type="submit" value="Ligar Ventilador 2" name="Ventilador 2">

```

```
</form></td>
```

```
<td><!-----POST DO BOTAO DESLIGAR VENTILADOR 2----->
```

```
<form method="POST" action="arduino.php">
```

```
<input type="hidden" value="ventilador2d" name="estado">
```

```
<input type="submit" value="Desligar Ventilador 2" name="Ventilador 2d">
```

```
</form></td>
```

```
</tr>
```

```
</table>
```

```
<p>Hugo Gabriel Lins Gomes</p>
```

```
</div>
```

```
</body>
```

```
</html>
```