

Rafael Santos da Costa

**Desenvolvimento de uma aplicação Domótica  
para o Controle e Monitoramento de uma sala  
de aula da UEA/EST**

Manaus - Amazonas

Junho - 2014

Rafael Santos da Costa

## **Desenvolvimento de uma aplicação Domótica para o Controle e Monitoramento de uma sala de aula da UEA/EST**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA) para obtenção dos créditos na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Universidade do Estado do Amazonas - UEA  
Engenharia de Controle e Automação

Orientador Moisés Pereira Bastos

Manaus - Amazonas  
Junho - 2014

Rafael Santos da Costa

## **Desenvolvimento de uma aplicação Domótica para o Controle e Monitoramento de uma sala de aula da UEA/EST**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA) para obtenção dos créditos na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Manaus - Amazonas, 10 de junho de 2014:

---

**Moisés Pereira Bastos**  
Orientador

---

**Almir Kimura Junior**

---

**Israel Mazaira Morales**

---

**Walter Andres Vermehren Valenzuela**

Manaus - Amazonas  
Junho - 2014

# Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus por proporcionar o dom da vida e por todas as graças que me concede a cada dia. Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas.

Aos meus pais, Demétrio e Cláudia que se dedicaram para o meu crescimento e sempre estarão ao meu lado. Pelo apoio e compreensão e por acreditarem nessa nova conquista, principalmente por serem exemplos em todos os sentidos da minha vida.

Aos meus irmãos Robson e Rodrigo, pelo incentivo que sempre me deram, pelos momentos de alegria e pela certeza de que sempre estaremos unidos.

À minha namorada Aldevane, pelo amor, carinho e compreensão, pelos conselhos e por tudo que temos vivido neste tempo juntos e ainda iremos viver.

À Universidade do Estado do Amazonas por todo conhecimento adquiridos, pela infraestrutura e pelo suporte necessário para a realização do trabalho.

Ao professor Moisés Bastos, meu orientador, por me instruir e indicar o melhor caminho durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos que sempre estão em minhas orações que contribuíram e me ajudaram para a conclusão deste trabalho.

# Resumo

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de uma aplicação domótica para o controle centralizado de dispositivos de uma sala de aula da EST/UEA, composto por um conjunto de ferramentas (Arduino, Ethernet Shield e Xbee) e funcionalidades que oferecem o controle e monitoramento de dispositivos à distância, através de uma rede de comunicação sem fio que utiliza o padrão *ZigBee*. Diante deste cenário, o trabalho contempla uma interface *Web* para fins de monitoramento e acionamento dos dispositivos como uma lâmpada (controle de iluminação) e uma fechadura elétrica (controle de acesso), utilizando um servidor *Web* embarcado. Esta interface computacional interage com o módulo transmissor que envia as informações, com a finalidade de encaminhar as solicitações do sistema para o módulo receptor.

**Palavras-chaves:** Automação Predial. Arduino. Zigbee.

# Abstract

The present paper consists in developing a home automation application for centralized control of a classroom EST/UEA devices composed of a set of tools (Arduino, Ethernet Shield and Xbee) and features that provide control and monitoring devices remotely through a wireless communication network using the *ZigBee* standard. In this scenario, the paper includes a Web interface for monitoring and operating the devices as a lamp (lighting control) and an electric lock (access control), using an embedded Web server. This computational interface interacts with the transmitter module which sends the information in order to respond to requests from the system to the receiver module.

**Key-words:** Building Automation. Arduino. Zigbee.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Principais sistemas que compõe a automação de um edifício . . . . .	20
Figura 2 – Rede centralizada . . . . .	21
Figura 3 – Redes distribuídas . . . . .	22
Figura 4 – Relé . . . . .	26
Figura 5 – Diodo de silício . . . . .	27
Figura 6 – Microcontrolador Atmega328P . . . . .	28
Figura 7 – Placa Arduino UNO . . . . .	29
Figura 8 – Arduino Ethernet Shield . . . . .	30
Figura 9 – Módulo Xbee . . . . .	31
Figura 10 – Transistor BC548 . . . . .	32
Figura 11 – Sensores LDR . . . . .	32
Figura 12 – Sensor de presença. . . . .	33
Figura 13 – Lâmpadas Fluorescentes . . . . .	34
Figura 14 – Lâmpada Incandescentes . . . . .	35
Figura 15 – Lâmpadas LED . . . . .	35
Figura 16 – Fechadura elétrica de sobrepôr . . . . .	36
Figura 17 – Fecho elétrico . . . . .	36
Figura 18 – IDE Arduino . . . . .	38
Figura 19 – Diagrama de blocos do protótipo . . . . .	40
Figura 20 – Circuito elétrico . . . . .	41
Figura 21 – Tecnologias das Redes Domésticas . . . . .	42
Figura 22 – Sistema de ar Condicionado . . . . .	43
Figura 23 – Situação Atual . . . . .	44
Figura 24 – Diagrama da Arquitetura do Projeto . . . . .	45
Figura 25 – Diagrama de blocos para a transmissão . . . . .	45
Figura 26 – Acesso do Usuário . . . . .	46
Figura 27 – Diagrama de Sequência . . . . .	47
Figura 28 – Fluxograma da página em PHP . . . . .	48
Figura 29 – Interface <i>Web</i> . . . . .	49
Figura 30 – Estação Central de Transmissão . . . . .	49
Figura 31 – Configuração da Rede . . . . .	50
Figura 32 – Arduino e Ethernet Shield. . . . .	51
Figura 33 – Arduino e Xbee transmissor . . . . .	51
Figura 34 – Configuração do Xbee transmissor . . . . .	52

Figura 35 –Configuração do Xbee receptor . . . . .	53
Figura 36 –Programa Arduino da Estação Receptora . . . . .	54
Figura 37 –Lâmpada fluorescente . . . . .	55
Figura 38 –Circuito Condicionador . . . . .	55
Figura 39 –Módulo desenvolvido . . . . .	56
Figura 40 –Fecho elétrico . . . . .	56
Figura 41 –Teste dos Módulos . . . . .	57
Figura 42 –Iluminação ligada . . . . .	58
Figura 43 –Lâmpada acesa . . . . .	58
Figura 44 –Status da Sala de aula (Iluminação) . . . . .	58
Figura 45 –Controle de acesso liberado . . . . .	59
Figura 46 –Fechadura elétrica destravada . . . . .	59
Figura 47 –Status da Sala de Aula (Controle de Acesso) . . . . .	59

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Evolução dos sistemas aplicados em prédios e residências . . . . .	19
Tabela 2 – Características do Protocolo de Comunicação ZigBee . . . . .	25
Tabela 3 – Configuração da Placa Arduino UNO . . . . .	28
Tabela 4 – Características do módulo Xbee . . . . .	31
Tabela 5 – Vantagens e Desvantagens das lâmpadas incandescentes . . . . .	34

# Lista de abreviaturas e siglas

AURESIDE Associação Brasileira de Automacao Residencial

ARP Address Resolution Protocol

AVR Microcontrolador de chip único

CPU Unidade Central de Processamento

ETHERNET Tecnologia de interconexão para redes locais

HTML Hypertext Markup Language

IEEE Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos

IP Protocolo de Internet

IR Infravermelho

LAN Rede Local

PC Computador Pessoal

PHP Hypertext preprocessor

PLC Power Line Carrier

PWM Pulse Width Modulation

RF Radio Frequêcia

TCP Protocolo de Controle de Transmissão

USP User Datagram Protocol

USB Universal Serial Bus

WIFI Wireless Fidelity

ZIGBEE Protocolo de Comunicação

# Sumário

<b>Lista de ilustrações</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>Lista de tabelas</b> . . . . .	<b>8</b>
<b>Sumário</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>1 Considerações Iniciais</b> . . . . .	<b>13</b>
1.1 Introdução . . . . .	13
1.2 Formulação do Problema . . . . .	14
1.3 Motivação . . . . .	14
1.4 Objetivos . . . . .	15
1.4.1 Geral . . . . .	15
1.4.2 Específicos . . . . .	15
1.5 Justificativa . . . . .	15
1.6 Metodologia . . . . .	16
1.7 Estrutura do trabalho . . . . .	17
<b>2 Referencial Teórico</b> . . . . .	<b>18</b>
2.1 Breve Histórico sobre Automação . . . . .	18
2.2 Automação Predial . . . . .	19
2.3 Redes Utilizadas na Automação Predial . . . . .	20
2.3.1 Redes Centralizadas . . . . .	21
2.3.2 Redes Distribuídas . . . . .	22
2.3.3 Meios Físicos Utilizados na Redes . . . . .	23
2.3.3.1 Cabos e Fios . . . . .	23
2.3.3.2 Ar . . . . .	23
2.3.3.3 Fibra Óptica . . . . .	23
2.4 Protocolos de Comunicação . . . . .	23
2.4.1 X-10 . . . . .	24
2.4.2 Ethernet . . . . .	24
2.4.3 IEEE 802.11 . . . . .	24
2.4.4 ZigBee . . . . .	25
2.5 Componentes Físicos . . . . .	26
2.5.1 Relés . . . . .	26
2.5.2 Diodos . . . . .	26
2.5.3 Microntrolador . . . . .	27

2.5.4	Microcontrolador Atmega328P	27
2.5.5	Arduino	28
2.5.6	Arduino Ethernet Shield	29
2.5.7	Xbee	30
2.5.8	Transistor	31
2.5.9	Sensores	32
2.5.10	Tipos de lâmpadas	33
2.5.10.1	Lâmpadas Fluorescentes	33
2.5.10.2	Lâmpadas Incandescentes	34
2.5.10.3	Lâmpadas LED	35
2.5.11	Tipos de Fechaduras	36
2.5.11.1	Fechaduras elétricas de sobrepôr	36
2.5.11.2	Fecho elétrico	36
2.6	Componentes de comunicação	37
2.6.1	USB	37
2.7	Componente de Software	37
2.7.1	PHP	37
2.8	Sistemas Embarcados	39
2.9	Principais sistemas a serem automatizados	39
2.9.1	Controle de Iluminação	39
2.9.2	Controle de Acesso	39
<b>3</b>	<b>Trabalhos Relacionados</b>	<b>40</b>
3.1	Protótipo de automação predial utilizando a plataforma arduino	40
3.2	Análise dos protocolos de rede sem fio	41
3.3	Wireless na Automação Predial	42
<b>4</b>	<b>Modelo proposto pelo projeto</b>	<b>44</b>
4.1	Situação Atual	44
4.2	Modelo proposto	44
4.3	Computador Cliente	46
4.4	Aplicações	46
4.4.1	Banco de Dados	46
4.4.2	Tela inicial	46
4.4.3	Diagrama de Sequência	47
4.5	Intranet	47
4.6	Servidor Web	48
4.6.1	Site e-EST/UEA	48
4.7	Estação Central de Transmissão	49
4.7.1	Arduino Mega	49

---

4.7.1.1	Programação . . . . .	50
4.7.2	Comunicação via Ethernet Shield . . . . .	50
4.7.3	Módulo Xbee Transmissor . . . . .	51
4.8	Estação Receptora . . . . .	53
4.8.1	Módulo Xbee Receptor . . . . .	53
4.8.2	Arduino Uno . . . . .	54
4.9	Dispositivos em Campo . . . . .	54
4.9.1	Lâmpadas fluorescente . . . . .	55
4.9.1.1	Circuito Condicionador . . . . .	55
4.9.2	Fechadura Elétrica . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Testes realizados e Resultados obtidos . . . . .</b>	<b>57</b>
5.1	Controle dos Dispositivos . . . . .	57
5.1.1	Teste dos Módulos Zigbee . . . . .	57
5.1.2	Acionamento das lâmpadas . . . . .	57
5.1.3	Acionamento da fechadura elétrica . . . . .	59
<b>6</b>	<b>Conclusões . . . . .</b>	<b>60</b>
6.1	Trabalhos Futuros . . . . .	60
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>61</b>

# 1 Considerações Iniciais

## 1.1 Introdução

COM o avanço da tecnologia, o homem começou a criar e a desenvolver novas ferramentas que lhe proporcionassem melhoria na sua qualidade de vida, trazendo para o seu ambiente todo conforto e segurança que a tecnologia pode oferecer. Com esta proposta de melhorar a qualidade de vida, o bem-estar, a segurança e a redução de afazeres surgiram a Domótica. Conforme Angel (1993) este termo é a fusão da palavra latina *domus* (casa) e da robótica (controle automatizado de algo). Os autores Vecchi e Ogata (2011) complementam que a Domótica também pode ser referenciada por expressões como, *smart building* e *intelligent building* (edifícios inteligentes). É um conceito de tecnologia que tem como objetivo básico melhorar a qualidade de vida, proporcionar conforto e reduzir o trabalho doméstico, aumentar a segurança de seus habitantes e também uma utilização racional e planejada dos diversos meios de consumo. A domótica procura uma melhor integração através da automatização nas áreas de segurança, de comunicação e de controle em prédios. Conforme pode-se ver, os sistemas domóticos permitem o controle de recursos habitacionais através da utilização de computadores e outros dispositivos que interagem com o usuário e com o meio físico.

Dessa forma, segundo Bolzani (2004), a automação predial vem integrar equipamentos e serviços de maneira em que eles fiquem centralizados em um sistema inteligente e programável, através do qual sejam possíveis o controle e a supervisão de diversas tarefas de modo automático. Assim, a automação permite controlar a um local remotamente, poupar tempo com tarefas repetitivas, economizar energia, dinheiro e aumentar o conforto e segurança.

Vale ressaltar que por vezes, costuma-se confundir automação residencial, automação predial e domótica. Apesar da semelhança a diferença entre elas situa-se no foco e sistematização, ou seja, a automação residencial é aplicada a uma só residência com um usuário específico para atender ao projeto. Automação predial aplicada a espaços comuns como condomínios e prédios, para várias pessoas. O termo domótica é usado para designar residências que empregam serviços automatizados.

O termo automação residencial designa e referencia a utilização de processos automatizados em casas, apartamentos, escritórios, prédios e condomínios, tendo em vista o desejo de um cliente. Ou seja, a automação residencial e predial, diferencia na quantidade dos usuários. Se for para um público em geral, usa-se automação predial. Para atender ao desejo de um único usuário, automação residencial. Domótica descreve a integração entre todos os dispositivos fazendo com que eles atuem em conjunto para uma determinada

função especificada no projeto.

O presente trabalho visa descrever um projeto para uma aplicação de automação predial numa sala de aula da EST (Escola Superior de Tecnologia), unidade da UEA (Universidade do Estado do Amazonas). Desta forma, a automação predial pode ser definida como um conjunto de tecnologias que ajudam na execução de tarefas domésticas cotidianas. Esta tecnologia que está em expansão, tem por objetivo proporcionar um maior nível de conforto e comodidade além de um menor e mais racional consumo de energia.

## 1.2 Formulação do Problema

O uso racional de energia elétrica, a segurança e o conforto dos usuários e a preocupação com o meio ambiente são fatores relevantes para o uso de tecnologias de automação aplicadas em edifícios. Segundo Nunes e Serro (2005), os edifícios inteligentes são concebidos para causarem o mínimo impacto ambiental, como o menor consumo de energia possível e melhor aproveitamento dos recursos, além de proporcionar maior segurança e conforto para os seus usuários.

Com o avanço da tecnologia da automação predial, é necessário termos uma sala de aula que apresente uma aplicação em domótica, devido à inexistência dessa tecnologia na universidade. A falta de um sistema de monitoramento que possibilite o controle de acesso, climatização e iluminação de uma forma fácil e rápida é um problema que precisa ser resolvido. Devido à necessidade da abertura da sala de aula, a economia de energia com esquecimento das lâmpadas ligadas e condicionadores de ar, tem-se impulsionado a resolver estes problemas com novas soluções e tecnologias.

É neste sentido que se deseja estimular o desenvolvimento deste projeto. Frente a estes problemas, pretende-se utilizar a tecnologia da automação predial para resolvê-los, e assim apresentar benefícios a fim de oferecer bem-estar e comodidade, atendendo às necessidades de maneira econômica e eficiente.

## 1.3 Motivação

A motivação para este projeto vem basicamente de dois fatores: a satisfação pessoal e a realização de uma aplicação em domótica em uma sala de aula da UEA/EST. O desafio e a aprendizagem é muito importante para a continuação desse projeto que dessa forma leva a uma satisfação muito grande como engenheiro e como pessoa após o término deste trabalho.

O mercado de automação predial vem crescendo continuamente e surgem muitas tecnologias que nos ajudam nos afazeres diários. Dessa forma, criam-se novas alternativas de controle de despesas, para facilitar a estas atividades diárias gerando economia de energia.

A automação predial gera uma série de economia ao longo do tempo. Ter a oportunidade de execução de um sistema de automação predial em uma sala de aula da UEA/EST é muito gratificante, visto que é o primeiro passo para termos uma sala automatizada numa universidade de tecnologia.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Geral

Desenvolver um projeto de automação predial capaz de realizar o monitoramento e controle centralizado de dispositivos de uma sala de aula da UEA/EST, facilitando as atividades rotineiras, proporcionando uma maior comodidade para os funcionários e alunos que tem acesso as salas de aula.

### 1.4.2 Específicos

Os objetivos específicos estão listados conforme abaixo:

- Analisar os protocolos de comunicação para automação predial;
- Desenvolver uma arquitetura para implementação física do projeto;
- Implementar *firmware* de controle;
- Desenvolver uma Interface *Web* para o controle central;
- Controlar e monitorar os objetos à distância, tais como: iluminação e o controle de acesso;
- Realizar testes para verificar o funcionamento do projeto;

## 1.5 Justificativa

Aliada à necessidade de sistemas que proporcionem maior conforto aos seus usuários, a proposta deste projeto é o desenvolvimento de um sistema de automação predial baseado numa aplicação para o controle e monitoramento de uma sala de aula da UEA/EST. Com o intuito de automatizar este ambiente, pretende-se controlar o acesso à sala e ter o controle de iluminação do ambiente.

Dessa forma, visa atender diversos benefícios a fim de oferecer bem estar e comodidade, atendendo as necessidades de maneira econômica. A aplicação de um sistema doméstico em uma sala de aula é justificada por fatores como:

- Ter em uma universidade de tecnologia, uma sala de aula com a aplicação em domótica.
- Maior comodidade e acessibilidade para os alunos e funcionários.
- Facilidade para abrir e fechar a sala sem a necessidade do deslocamento de um funcionário a mesma, pois esta será controlada a distância.
- Facilidade para ligar e desligar as luzes da sala, com o controle de iluminação das lâmpadas.
- Economia de energia, evitando luzes acesas após o término da aula.

À medida que a sociedade procura novas maneiras de interação com o meio ao seu redor, novas tecnologias surgem para suprir esta necessidade. Por isso, a automação predial vem crescendo e sendo conhecido por melhorar a vida de muitas pessoas.

## 1.6 Metodologia

O estudo em questão visa desenvolver uma metodologia capaz de através de um PC disposto numa sala central, disponível aos funcionários com a função de controlar as salas, ligado a intranet UEA/EST, será usado um microcontrolador, para que através de um programa feito em um software proprietário, fará o controle das fechaduras elétricas das portas das salas e da iluminação do ambiente.

A metodologia empregada neste projeto contemplará atividades de Planejamento, Verificação Científica, Programação, Simulação e Implementação, como é explanado a seguir:

Planejamento: Definição do tema, pesquisas científicas e estudo sobre os protocolos de comunicação sem fio, microcontroladores, domótica, dentre outros;

Verificação Científica: Levantamento bibliográfico de toda a documentação teórica sobre o tema nas principais bases literárias do estado da arte, IEEE, entre outros, que servirão de base para o desenvolvimento e concepção do projeto.

Programação: Programação do hardware que será usada para a linguagem de programação do microcontrolador e a programação para o desenvolvimento da Interface Web.

Simulação: Desenvolvimento de uma Interface gráfica entre o computador central e o usuário, que fará o controle dos dispositivos móveis em campo. A simulação servirá como teste para possíveis erros do sistema.

Implementação: Construção do projeto físico para a simulação. Após a finalização da construção, serão feitos os testes práticos, tanto no *hardware* como no *software*, para o funcionamento do sistema conforme planejado.

## 1.7 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. No capítulo 1, o tema é delimitado, apresentado uma introdução, justificativa, motivação, são expostos os problemas de pesquisa, os objetivos a serem atingidos e a metodologia que será seguida.

No capítulo 2 será abordado o referencial teórico e tecnológico, que embasa o projeto, visando os detalhes sobre automação predial. Apresenta um breve histórico sobre automação e as redes utilizadas na automação predial. São abordados também sobre os protocolos de comunicação de rede sem fio, os componentes físicos, software e de comunicação, e os principais sistemas a serem automatizados.

No capítulo 3 será visto os trabalhos do estado da arte relacionados com o assunto do projeto em questão. É apresentado três artigos com temas propostos correlacionados com o tema do projeto, visando ter maior facilidade no desenvolvimento.

No capítulo 4 será mostrado a implementação do projeto, o ambiente simulado, a descrição das ferramentas utilizadas, e o modelo proposto pelo projeto.

No capítulo 5 será vista a demonstração dos resultados obtidos e as informações dos testes realizados. Por fim, este trabalho é concluído, destacando as contribuições oferecidas bem como propostas e sugestão para futuras implementações.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Breve Histórico sobre Automação

A automação teve início na revolução industrial, juntamente com outras áreas tecnológicas, para mecanizar alguns sistemas de produção da época. De acordo com Capelli (2009), sentia-se necessidade de agilizar os processos para reduzir os custos e com isso aumentar o lucro. Por isso buscou-se alternativas para melhorar a produção.

Dessa forma, a automação teve seu surgimento ainda nos primórdios da humanidade. O conceito de automação é o processo que auxilia o ser humano nas suas tarefas do dia-a-dia, facilitando suas atividades, pelo qual se utiliza dispositivos automáticos, eletrônicos e inteligentes para dar-se a automação dos processos em questão.

Os primeiros sistemas de controle foram desenvolvidos durante a Revolução Industrial, no final do século XIX. E esta Revolução Industrial proporcionou ainda mais a automação no mundo, surgida a partir da mecanização, ao qual se utiliza até hoje nos dias atuais.

A automação predial e residencial foi baseada na automação industrial, bem conhecida e difundida há mais tempo. Porém, de acordo com Bolzani (2004), em virtude da diferente realidade entre o uso dos dois tipos de arquiteturas, têm sido criados sistemas dedicados para ambientes onde não se dispõe de espaço para grandes centrais controladoras e extensos sistemas de cabeamento.

Também segundo Bolzani (2004), com o grande número de aplicações e oportunidades geradas pelo computador pessoal, pelo surgimento da Internet e pela redução dos custos do hardware, criou-se uma nova cultura de acesso à informação digitalizada. Esses fatores permitiram elevar o projeto elétrico de seu nível convencional para um superior no qual todas as suas funções desenvolvidas estejam integradas e trabalhando em conjunto.

A automação predial e residencial é um mercado em crescente expansão. A AURESIDE<sup>1</sup> estima que no Brasil, cerca de 40% das residências de médio e alto padrão apresentarão algum sistema de automação (AURESIDE, 2010).

Desta forma, a automação vem ganhando cada vez mais espaço dentro da sociedade, substituindo ações e atividades antes realizadas manualmente e agora realizadas por métodos e mecanismos automáticos. A Tabela 1 mostra a evolução dos sistemas aplicados em prédios e residências.

---

<sup>1</sup> Associação Brasileira de Automação Residencial

Tabela 1 – Evolução dos sistemas aplicados em prédios e residências

<i>Tecnologia</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2015</i>
Cabeamento estruturado	61%	49%	53%	60%
Monitoriamento de segurança	28%	29%	32%	81%
Controle de iluminação	2%	6%	8%	75%
Automação integrada	2%	6%	6%	70%
Gerenciamento de energia	5%	11%	12%	62%

Fonte: MURATORI (2011)

A previsão é que os sistemas de automação triplicuem nos próximos anos (MURATORI, 2011).

## 2.2 Automação Predial

Devido a este grande avanço da tecnologia e da automação na indústria, tornou mais fácil a solução de problemas comuns encontrados diariamente, mediante um modelo de fácil utilização. O conforto e a segurança são exemplos das possibilidades que os dispositivos inteligentes proporcionam (BOLZANI, 2004).

Entretanto, o conceito de edifícios inteligentes vai além da comodidade para os seus habitantes, através do uso de fontes de energia de uma maneira racional e mais inteligente.

Esta evolução nada mais é do que uma resposta às necessidades tanto de ser sustentável quanto de conveniência, ambas demandadas do mundo atual: da globalização; da diversificação e da evolução dos serviços oferecidos e disponibilizados num edifício; da difusão e popularização das tecnologias mecatrônicas e da informação; da maior flexibilidade e versatilidade dos recursos, aproveitamento de bens naturais e controle de consumo por monitoramento e acionamento, buscando sempre eficiência, produtividade e segurança (DIAS, 2004).

Conforme se pode ver, além de proporcionar conforto para os seus usuários, é muito importante o uso racional de energia elétrica. Em edificações, verifica-se que a maioria dos gastos energéticos deve-se à utilização de aparelhos de ar condicionado (URZÊDA, 2006). Cada vez mais acessíveis, os aparelhos de ar condicionado estão presentes tanto em residências, como em ambientes de trabalho e sua utilização visa garantir uma temperatura ambiente agradável, favorecendo conforto, produtividade, saúde e bem estar.

A automação predial desenvolve mecanismos eficientes que podem evitar o consumo desnecessário de energia. Estes mecanismos se baseiam em um sistema de controle em malha fechada constituído por uma rede de sensores e atuadores integrados por um sistema de supervisão. O papel da automação está diretamente relacionado ao uso eficaz dos recursos e da energia, indo além da eficiência e qualidade de vida, integrando as novas tecnologias, podendo-se apoiar na crescente busca por economia de recursos.

Esta busca tem proporcionado o desenvolvimento de produtos e serviços em todos os setores, de forma especial, atualmente, no âmbito predial. Segundo Marte (2008), os principais sistemas (Figura 1) a serem automatizados em um prédio são: ar condicionado, iluminação, detecção de incêndios, segurança, controle de acesso e outros sistemas como as instalações elétricas e hidráulicas.

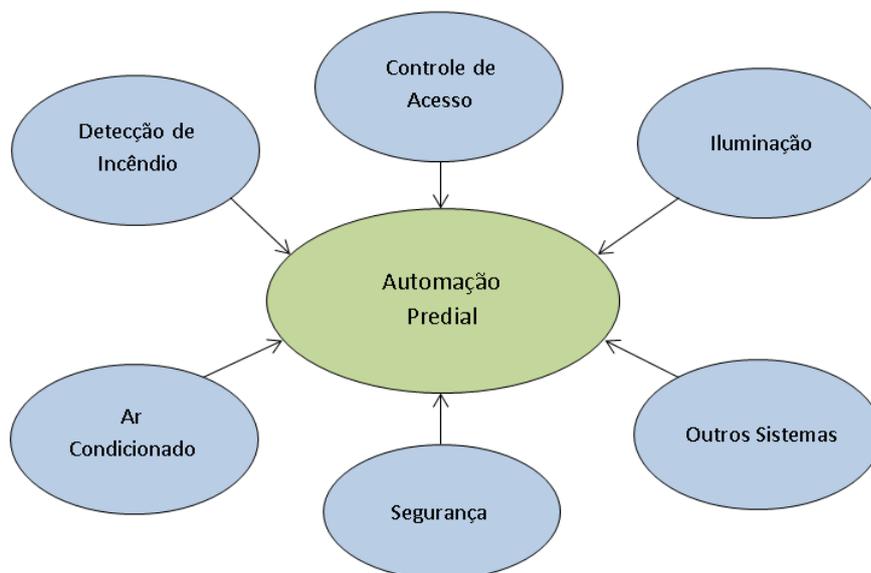


Figura 1 – Principais sistemas que compõe a automação de um edifício

Fonte: MONTEBELLER (2006)

## 2.3 Redes Utilizadas na Automação Predial

A troca de informações entre diversos equipamentos de um sistema automatizado é feita através da rede de comunicações chamada de *Local Area Network* ou rede local. As LAN's são redes utilizadas na interconexão de equipamentos e processadores com a finalidade de troca de dados.

As redes LAN emergiram para possibilitar o compartilhamento de recursos (hardware e software) e de informações, bem como a troca de informações entre vários computadores, mantendo a independência entre as diversas estações de trabalho conectadas à rede e possibilitando a integração destas estações e seus recursos em ambientes de trabalho corporativos. Uma rede LAN é limitada em uma pequena região, onde sua principal característica é não necessitar do uso de telecomunicações como meio de transmissão de dados entre seus nós, que correspondem aos próprios computadores dos usuários.

As LAN's são empregadas em escritórios, residências e pontos de acesso público. Os meios de conexão mais comuns são redes ethernet convencionais ou redes Wi-Fi. Entre as características básicas das redes LAN's, segundo Soares, Lemos e Colcher (1995), estão:

- a) abrangência geográfica limitada (distâncias menores que 25 km);

- b) altas taxas de transmissão;
- c) baixas taxas de erro;
- d) pequenos atrasos de transmissão;
- e) geralmente redes privadas;
- f) facilidade de interconexão entre redes distintas.

A arquitetura dos sistemas de domótica tem como referência a estrutura de sua rede. Classificam-se com base de onde está localizada a inteligência do sistema de domótica. Essa rede de comunicação é baseada em padrões internacionais e pode ser implementada de duas formas diferentes: redes centralizadas ou redes distribuídas (TANENBAUM, 2003).

### 2.3.1 Redes Centralizadas

As redes centralizadas (Figura 2) possuem uma arquitetura conhecida de estrela, onde os elementos escravos estão conectados diretamente ao elemento mestre. Esse tipo de rede é indicado nos casos onde os equipamentos ou sensores têm baixa taxa de comunicação. Devido ao aumento desta taxa, esse tipo de rede pode ter problemas de comunicação ou perda de pacotes de informações.

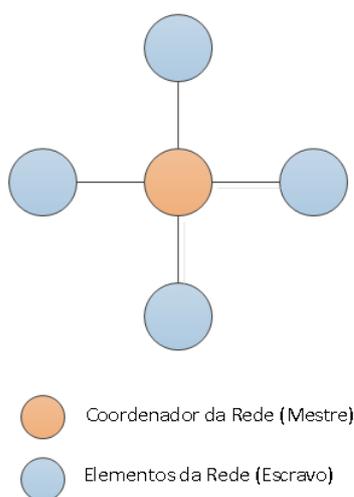


Figura 2 – Rede centralizada

Fonte: SOUZA (2004)

Assim, em um sistema de arquitetura centralizada na domótica, por exemplo, um controlador centralizado envia informações aos atuadores e interfaces de acordo com a execução do programa e das informações recebidas dos sensores e de sistemas interconectados. Na escolha da arquitetura centralizada, a vantagem resulta em custos mais acessíveis. A desvantagem desta arquitetura se dá pela grande quantidade de cabeamento e centralização das funções.

### 2.3.2 Redes Distribuídas

As redes distribuídas ou geograficamente distribuídas possuem elementos conectados entre si e também com o mestre. O funcionamento desse tipo de rede não depende, necessariamente, da presença do elemento mestre e também o elemento mestre não precisa centralizar informações ou comandos. Os elementos que formam essa rede podem se comunicar entre si seguindo rotas menos congestionadas, evitando falhas de comunicação ou da rede.

Dependendo da arquitetura as redes distribuídas (Figura 3) podem ser (SOUZA, 2004):

- Rede em Malha: Todos os elementos estão atados a todos os outros, como se estivessem entrelaçados. Já que são vários os caminhos possíveis por onde a informação pode fluir da origem até o destino. Cada elemento pode enviar ou receber dados de outros elementos por diversas rotas sem passar pelo mestre;
- Rede em Anel: Os dados trafegam por todos os elementos da rede e estes elementos estão conectados em um canal de comunicação fechado.
- Rede em Barramento: Todos os elementos são ligados em um mesmo barramento físico de dados (bus) e os dados trafegam por todos os elementos da rede.

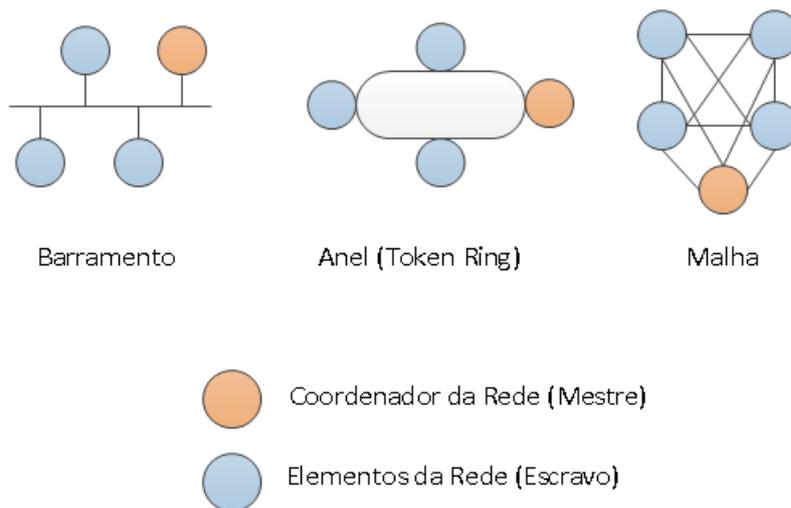


Figura 3 – Redes distribuídas

Fonte: SOUZA (2004)

A vantagem da utilização desta arquitetura em domótica está em ser um sistema robusto a falha, fácil desenho das instalações e grande facilidade de uso. A desvantagem é que, dependendo do sistema empregado, pode haver uma relação custo-benefício elevada para o ponto controlado e também o custo de integração se torna mais elevado em função das tecnologias empregadas.

### 2.3.3 Meios Físicos Utilizados na Redes

As redes de comunicação distribuídas são largamente utilizadas em sistemas de automação predial e residencial. Deve-se levar em conta tanto a tecnologia dos equipamentos que serão conectados quanto o meio físico a ser utilizado.

#### 2.3.3.1 Cabos e Fios

Os cabos e os fios metálicos podem ser divididos em: Cabo coaxial e Par trançado. São os mais usados devido ao baixo custo e a facilidade de instalação (MEUCCI, 2005).

- Cabo coaxial: possui uma malha condutora externa e um condutor metálico e podem operar muitos sinais de dados, vídeo e áudios. Por ter características capacitivas, esse cabo não é utilizado em redes longas ou com taxas elevadas.
- Par trançado: os fios formam um par de condutores enrolados entre si. Também podem ser agrupados em pares, com ou sem malha de aterramento. São simples de instalar, com menor custo e podem alcançar altas taxas de transmissão.

#### 2.3.3.2 Ar

Redes sem fio utilizam o ar como meio de transmissão. A transmissão pode ser feita por meio de luz infravermelha ou por ondas eletromagnéticas RF. A principal vantagem das redes RF é a não utilização de cabos ou infra-estrutura o que torna esse tipo de rede mais fácil de ser implementada.

#### 2.3.3.3 Fibra Óptica

As redes de fibras ópticas possuem diversas vantagens: alta velocidade de transmissão de dados, confiabilidade, imunidade a interferências eletromagnéticas e rádiofrequência, dentre outras.

## 2.4 Protocolos de Comunicação

Os protocolos de comunicação assumem um papel fundamental num sistema de domótica, uma vez que temos vários equipamentos que comunicam entre si. Segundo Tanenbaum (2003), um protocolo é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação. Em Bolzani (2004), protocolo é definido como um conjunto de padrões de comunicação.

Os protocolos de comunicação existentes podem ser classificados em padronizados ou proprietários. Dentre os protocolos envolvidos na automação residencial e predial, destacam-se os principais: X-10, CEBus, LONWorks, BACNET, HomePHA, Ethernet, IEEE 802.11, Z-Wave e ZigBee.

Desta forma é útil o levantamento bibliográfico de alguns dos principais protocolos de comunicação existentes.

### 2.4.1 X-10

O sistema X-10 PLC é o protocolo mais antigo e popular de automação residencial. Foi desenvolvido em 1978 pela empresa escocesa Pico Electronics e passou a ser comercializado a partir de 1979, tendo sua patente expirada em 1997, o que permitiu que diversas empresas passassem a desenvolver produtos X-10 (TEZA, 2002).

Trata-se de um protocolo de comunicação de mão única (apenas envia), que utiliza a rede elétrica convencional como meio de comunicação. Os dados são modulados sobre a rede elétrica existente sendo que uma informação binária é transmitida sempre que o sinal senoidal de tensão elétrica passa pelo zero. O esquema de endereçamento permite endereçar 256 pontos diferentes, os quais podem ser ajustados através de um seletor nos dispositivos receptores. A transmissão é em broadcast e todo o comando é repetido duas vezes. Assim, um comando completo ocupa 47 ciclos em 60Hz (X10, 2010).

Os dispositivos X-10 são bastante limitados, a taxa de transmissão máxima é de 60bps e suas funções restritas a liga/desliga e controle da intensidade de luzes. Como a rede elétrica pode ocasionar alguns comportamentos erráticos dos componentes, seja por problemas de ruído, falta de energia ou descargas eletromagnéticas, não é recomendado para aplicações que exijam maior nível de segurança (BOLZANI, 2004).

### 2.4.2 Ethernet

Ethernet é uma tecnologia de comunicação em rede local com meio de transmissão compartilhado, padronizado como padrão IEEE 802.3 (TANENBAUM, 2003). Em constante evolução, essa tecnologia permite taxas de transmissão que podem chegar a 10 Gbps. É amplamente utilizada em empresas e, mais recentemente, nas residências. Os padrões mais conhecidos e utilizados hoje são 10BaseT, com velocidade de até 10 Mbps, 100BaseTX, com velocidade de até 100 Mbps e 1000BaseT, com velocidade de até 1000 Mbps.

Vários protocolos da automação residencial e predial utilizam Ethernet como meio de transporte. Algumas empresas desenvolvem adaptadores pensando na interoperabilidade com o padrão Ethernet, pois isso facilita a aceitação desses produtos no mercado (BOLZANI, 2004).

### 2.4.3 IEEE 802.11

É conhecida como rede Wi-Fi, foi criada no início dos anos 90. Com a evolução no desenvolvimento da tecnologia, que permitiu um aumento na taxa de transferência, passou

a ser vista como promissora e a receber maior atenção de empresas como IBM, CISCO e 3COM (BOLZANI, 2004).

#### 2.4.4 ZigBee

Desenvolvida por um grupo de empresas lideradas pela Philips, é uma solução para redes sem fio de pequeno alcance (WPANs) que tem como principais características o baixo consumo de energia, topologia de rede em malha, baixa largura de banda, controle descentralizado. Essa tecnologia utiliza rádio frequência para transmissão dos dados, podendo chegar a 250kbps, na frequência de 2.4ghz, operando com 16 canais, 40kbps na frequência de 915Mhz operando com 10 canais e 20kbps na frequência de 868Mhz, operando com 1 canal. A distância varia de 70m a 400m com suporte a 250 nós por rede (ZIGBEE, 2010). A tabela 2 destaca outras características do protocolo de comunicação *ZigBee*.

Tabela 2 – Características do Protocolo de Comunicação ZigBee

<i>ZigBee</i>	
Padrão (MAC + PHY)	IEEE 802.15.4
Taxa de Transferência	250kbps
Corrente na Transmissão	30mA
Corrente em Espera	3uA
Tempo de acesso a rede	30ms
Tempo de acesso ao canal	15ms

Fonte: ZIGBEE (2010)

Quando a rede é montada, escolhe automaticamente o canal mais disponível e estabelece a comunicação naquele canal. A rede também tem a habilidade, sem intervenção do operador, de mudar de canal. Empresas que desejam vender produtos *ZigBee* devem se associar a aliança *ZigBee* (para qual existem taxas de sociedade), mas instituições de pesquisa têm acesso livre ao protocolo que é administrado pela *ZigBee Alliance*. A principal desvantagem dessa tecnologia é que ainda possui poucos fabricantes credenciados para fabricar produtos com chip *ZigBee* e usar o protocolo de comunicação. Isso se deve ao fato da tecnologia ainda estar em fase de desenvolvimento (BOLZANI, 2004).

O padrão *ZigBee*<sup>2</sup> foi homologado pelo IEEE através da norma 802.15.4. O IEEE 802.15.4 define as especificações da camada física (PHY) e da subcamada de controle de acesso ao meio (MAC) para a conexão sem fio com baixa taxa de comunicação entre os dispositivos fixos, portáteis e móveis. A principal característica da tecnologia *ZigBee* é o baixo consumo. O *ZigBee* foi desenvolvido para permitir um longo tempo de uso de baterias.

<sup>2</sup> ZIGBEE ALLIANCE. Disponível em: <<http://www.zigbee.org>>

O baixo consumo permite o uso do *ZigBee* em sistemas portáteis. O consumo é reduzido porque os dispositivos *ZigBee* podem ser colocados em modo de espera (stand-by) por horas e os pacotes de dados da comunicação são pequenos. O uso de pacotes de dados pequenos também resulta em menor probabilidade de erros de transmissão, tornando a rede com dispositivos *ZigBee* mais confiável.

As empresas que apostam no desenvolvimento da tecnologia *ZigBee* já estão produzindo equipamentos para diversas aplicações, tais como: segurança doméstica, automação residencial, industrial e predial, controle de ar condicionado e iluminação.

## 2.5 Componentes Físicos

Será visto os conceitos de alguns dos componentes físicos do projeto, como: relé, diodos, transistores, microcontrolador. E será visto também alguns modelos dos dispositivos de campo como lâmpadas e fechaduras elétricas.

### 2.5.1 Relés

O relé, ilustrado na Figura 4, é switch eletromecânico formado por um eletroímã e um conjunto de contatos. São fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando. Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais.



Figura 4 – Relé

Fonte: <<http://www.zoope.com.br>>

### 2.5.2 Diodos

O diodo ligado reversamente, ilustrado na Figura 5, deve estar presente sempre que se usa um relé (ou qualquer outro dispositivo que contenha uma bobina). Isso é necessário pois quando o relé muda de estado, gera uma descarga elétrica na parte do circuito que o alimentou, podendo danificar o transistor e impedir também que essa descarga passe para o circuito.

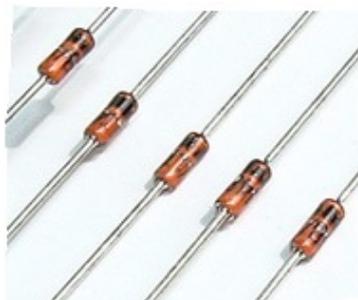


Figura 5 – Diodo de silício

Fonte: NATALE (2003)

### 2.5.3 Micronrolador

O microcontrolador é definido em Souza (2005) como um pequeno componente eletrônico, dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos. Afirma ainda que “em uma única pastilha de silício encapsulada, existem todos os componentes necessários ao controle de um processo”.

Dessa forma, o microcontrolador está provido internamente de memória de programa, memória de dados, CPU, portas de entrada, saída paralela, módulos de temporização, contadores, comunicação serial, PWM, conversores analógico-digitais entre outros, integrados em um mesmo componente.

Existem no mercado muitos tipos de microcontroladores, sendo o 8051 um dos mais populares, entretanto a partir de 2005 foram criados uma família de microcontroladores que, sem dúvidas, sua popularidade não para de crescer: é a família Arduino. “O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software.” (MCROBERTS, 2011). O microcontrolador Atmega328P é o mais comumente usado para placas Arduino.

### 2.5.4 Microcontrolador Atmega328P

O ATmega328P é um microcontrolador 8 bits, Figura 6, de baixa potencia que foi desenvolvido pela empresa ATMEL. Esse microcontrolador de arquitetura RISC que trabalha a uma frequência de 16MHz. Este microcontrolador possui as memórias Flash, EEPROM e RAM. O ATmega328P possui 32K Bytes de memória Flash, 1k Byte de memória EEPROM e 2k bytes de RAM. Ele também é composto por catorze portas digitais e seis portas analógicas (ATMEL, 2011).

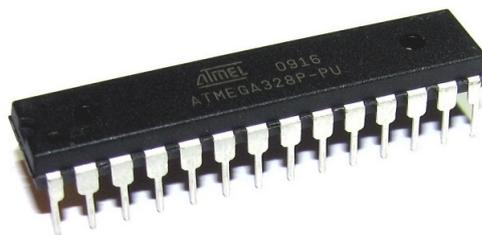


Figura 6 – Microcontrolador Atmega328P

Fonte: <<http://www.nkcelectronics.com>>

### 2.5.5 Arduino

Arduino, segundo o site<sup>3</sup> da fabricante oficial, é uma plataforma eletrônica de prototipagem, de código aberto, baseada em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. Consiste em uma placa com circuitos de entrada/saída para um microcontrolador AVR, um ambiente de desenvolvimento e o bootloader que já vem gravado no microcontrolador. Na tabela 3, observa-se a configuração do Arduino UNO.

Tabela 3 – Configuração da Placa Arduino UNO

<i>Parâmetros</i>	
Microcontrolador	ATmega328
Tensão de funcionamento	5V
Tensão de entrada	7-12V
Tensão de entrada (limites)	6-20V
Digital I / O Pins	14 (6 com saída PWM)
Pinos de entrada analógica	6
Corrente DC por I / O Pin	40m
De corrente DC para 3.3V Pin	50m
Memória Flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1K
Velocidade do relógio	16MHz

Fonte: <<http://www.Arduino.cc/>>

O módulo que será utilizado para o controle e também como o atuador mais complexo será a plataforma Arduino, exibido na Figura 7.

<sup>3</sup> Disponível em: <[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)>

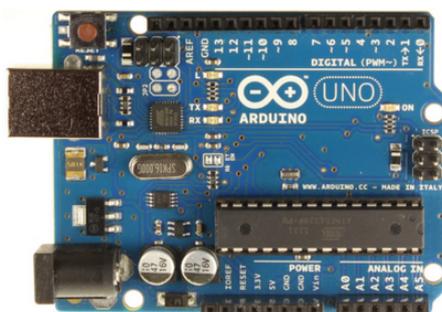


Figura 7 – Placa Arduino UNO

Fonte: <<http://www.Arduino.cc/>>

As principais vantagens desta arquitetura são:

- Acessível e de Baixo custo;
- Flexível e Multiplataforma;
- Ambiente de programação com linguagem baseada na linguagem C;
- Comunidade Ativa de usuários;
- Desenvolvido em Ambiente Educacional;
- Open Source de Hardware e Software;

A razão por ter sido escolhida a placa Arduino UNO, foi devido ao seu tamanho reduzido e ampla quantidade de informações disponíveis nos fóruns desenvolvedores. Para que ocorra a comunicação com o computador, a placa oferece uma porta USB, na qual, é utilizada tanto para provimento de energia quanto para transmissão de informação. Esse processo ocorre de forma paralela.

### 2.5.6 Arduino Ethernet Shield

Diversas placas de circuito impresso podem ser conectadas diretamente ao Arduino para expandir suas funcionalidades sendo chamadas comumente de “Shield’s”. Na Figura 8, temos o Arduino Ethernet Shield, na qual conecta o Arduino à rede com um cabo RJ45.

O Arduino Ethernet Shield utiliza o controlador ethernet Wiznet W5100, que se comunica tanto com o W5100 quanto com o cartão microSD através do SPI (ARDUINO, 2011).

Baseia-se no chip ethernet W5100 Wiznet. O Wiznet W5100 fornece uma camada de conexão de TCP e UDP na rede (IP).



Figura 8 – Arduino Ethernet Shield

Fonte: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>

O Arduino Ethernet Shield suporta até quatro conexões simultâneas. Usa a biblioteca Ethernet para escrever programas que se conectam à internet usando o shield. O shield ethernet conecta a uma placa Arduino usando pinos wire-wrap longos que se estendem através do shield. Isso mantém o layout pin intacta e permite que outro arduino para ser empilhados em cima.

Como acontece com Arduino, este componente apresenta elemento de plataforma - hardware, software e documentação - gratuitamente e de código aberto. O leitor de cartão microSD na placa é acessível através da Biblioteca SD (ARDUINO, 2011).

### 2.5.7 Xbee

Os módulos Xbee, desenvolvidos pela Digi International<sup>4</sup>, provêm da conectividade sem fio de baixo custo para dispositivos em redes *ZigBee* (INTERNATIONAL, 2012). O seu *hardware* consiste de uma pequena placa com transmissores capazes de se comunicar nas redes *ZigBee*. Há ainda uma variedade de antenas que podem ser usadas de acordo com o modelo do módulo que vai ser usado.

Este módulo Xbee foi projetado para atender o padrão IEEE 802.15.4, operando na frequência de 2,4GHz. Na tabela 4 observa-se as características do módulo Xbee. Todas as configurações do módulo são feitas através de uma lista de comandos e parâmetros pré-definidos, que são passados ao módulo via interface serial.

Atualmente os módulos são divididos em duas versões: a Série 1 que são os primeiros módulos desenvolvidos para prover comunicação P2P e a Série 2 que habilita a comunicação em redes com topologia em malha de forma que não seja necessário implementar o roteamento manualmente.

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.digi.com>>

Tabela 4 – Características do módulo Xbee

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidades</i>
Faixa de transmissão em área interna	30 metros
Potência de transmissão	100 mW
Faixa de transmissão em área externa	100 metros
Sensibilidade de recepção	-92 dBm
Taxa de transmissão	250.000 bps
Tensão de alimentação	3,3 V

Fonte: INTERNATIONAL (2012)

Além de ser um transmissor, o módulo Xbee (Figura 9) possui várias outras funcionalidades que o posiciona como ótimo dispositivo para soluções de automação são elas:

- 5 entradas de conversão analógica digital de 10 bits;
- 8 pinos de entrada e saída de dados;
- Canais de PWM.



Figura 9 – Módulo Xbee

Fonte: <<http://www.zagrosrobotics.com/>>

Ambas as séries possuem dois tipos diferentes de potência de transmissão, a série regular que prove maior economia de energia, e a série PRO, que proporciona maior alcance de cobertura (FALUDI, 2011).

## 2.5.8 Transistor

O Transistor é um componente eletrônico usado como amplificadores, interruptores e retificadores elétricos em um circuito, podendo ter variadas funções. O consumo em média de um relé é de aproximadamente 40mA. Por isso, não se pode ligá-lo diretamente na saída do Arduino, pois o relé consome mais corrente do que a saída do Arduino pode fornecer. Para resolver esse problema, usa-se um transistor NPN (Figura 10), que será acionado pelo pino do Arduino, e este sim, ligará o relé.

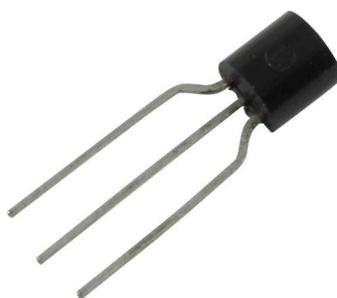


Figura 10 – Transistor BC548

Fonte: <<http://www.limeinformatica.com.br/>>

### 2.5.9 Sensores

Conforme Natale (2003), sensores “são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que representa uma proporção da variação desta grandeza”.

O sistema de funcionamento de um sensor é realizado sob a atuação de uma grandeza física que altera as propriedades do dispositivo, como a resistência, a capacitância ou a indutância de forma mais ou menos proporcional. Existem muitos tipos de sensores e os mais comumente utilizados para automação de sistemas são: sensor de luz LDR, sensor de presença, de proximidade. Pode-se usar o sensor de temperatura afim de informações sobre a temperatura ambiente fornecida pelo condicionador de ar.

Sensores de luz, Figura 11, possuem a capacidade de gerar uma tensão de acordo com a luminosidade que incide sobre ele. Além da utilização em fotometria, também é utilizado em redes de iluminação pública com os sensores fotoelétricos (NATALE, 2003).



Figura 11 – Sensores LDR

Fonte: NATALE (2003)

São recomendados para o controle de iluminação de corredores, escadas, garagens, entradas de acesso, quartos, banheiros, cozinhas, recepção e demais ambientes internos de residências, escritórios, hotéis e condomínios.

Segundo Natale (2003), detecta a movimentação de fontes de calor como pessoas e carros, através de um sensor infravermelho, acionando a carga e desligando-a após a

ausência, de acordo com o tempo programado. Na Figura 12, um exemplo de sensor de presença.



Figura 12 – Sensor de presença.

Fonte: NATALE (2003)

Os sensores responsáveis pela medição da temperatura são geralmente utilizados em processos comerciais e industriais, como refrigeração de alimentos e compostos químicos, refrigeradores domésticos, aquecedores, fornos elétricos e de microondas. Exemplos de sensores de temperatura são: NTP e TPC e o termopar.

### 2.5.10 Tipos de lâmpadas

As lâmpadas existem no mercado apresentam diversas formas e modelos, cada qual utilizada para uma aplicação específica. Os principais tipos de lâmpadas utilizadas se destacam:

- Lâmpadas Fluorescentes;
- Lâmpadas Incandescentes;
- Lâmpadas LED;

#### 2.5.10.1 Lâmpadas Fluorescentes

A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de descarga de baixa pressão, na qual a luz é predominantemente produzida por pós-fluorescentes ativados pela energia ultravioleta da descarga. As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior uma pequena quantidade de vapor de mercúrio e gases inertes (INMETRO, 2013).

A lâmpada geralmente tem formato tubular longo ou compacto, com um eletrodo em cada extremidade, contem vapor de mercúrio sob baixa pressão, com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. A superfície interna do bulbo é coberta com um pó fluorescente, cuja composição determina a quantidade e cor da luz emitida (INMETRO, 2013). A Figura 13 mostra as partes de uma lâmpada fluorescente.

Vantagens:

- a) Amplo uso em diversos setores, indo desde o uso doméstico até o laboratorial;
- b) Vida útil acima de 10000 mil horas de uso;

- c) Baixo custo;
- d) Menor consumo de energia comparado com as incandescentes.

Desvantagens:

- a) As lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares, contém mercúrio, substância tóxica nociva ao ser humano e ao meio ambiente.

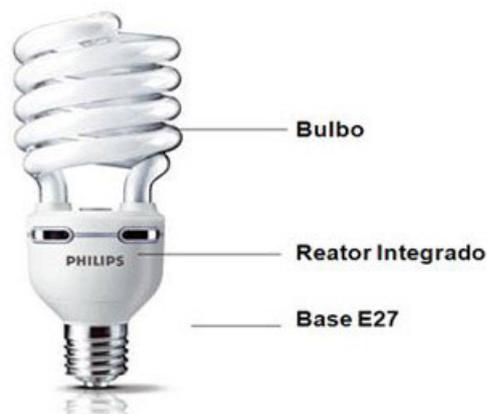


Figura 13 – Lâmpadas Fluorescentes

Fonte: (PHILIPS, 2013)

#### 2.5.10.2 Lâmpadas Incandescentes

O funcionamento de uma lâmpada incandescente ocorre pela passagem de corrente elétrica por um fio fino (filamento da lâmpada), com alta resistência elétrica, que é levado à incandescência, produzindo luz e calor. É importante observar que a luz emitida por uma lâmpada incandescente não é efeito direto da corrente elétrica e sim consequência do aquecimento no filamento produzido pela passagem da corrente (INMETRO, 2013).

A Figura 14 mostra as partes que compõem as lâmpadas incandescentes. A tabela 5 mostra as vantagens e desvantagens.

Tabela 5 – Vantagens e Desvantagens das lâmpadas incandescentes

Vantagens	Desvantagens
Tamanho Reduzido	Eficiência Luminosa baixa
Baixo Custo Inicial	Luminância alta (ofuscamento)
Funcionamento imediato	Custo de Operação elevado
Excelente reprodução de cores	Elevada dissipação de calor

Fonte: INMETRO (2013)



Figura 14 – Lâmpada Incandescentes

Fonte: (PHILIPS, 2013)

### 2.5.10.3 Lâmpadas LED

As lâmpadas LED prometem uma revolução no mundo da iluminação. Os diodos emissores de luz são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível. Com tamanho bastante reduzido, o LED oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, tornando-o numa alternativa real na substituição das lâmpadas convencionais (VERDE, 2013). A Figura 15 mostra as lâmpadas LED.

Vantagens:

- a) Baixo Consumo e alto tempo de vida;
- b) Possibilidade de ajustar a cor da luz com o uso de LEDs de várias cores;
- c) Uma vasta gama de temperaturas de cor;
- d) Vida mediana longa e alta durabilidade;
- e) Redução dos níveis de calor (não há risco de queimaduras).

Desvantagens:

- a) Confiabilidade;
- b) Preço: Uma boa lâmpada de LED é necessariamente cara;
- c) Forte dependência com a temperatura de funcionamento;
- d) Sensibilidade a alterações de voltagem.



Figura 15 – Lâmpadas LED

Fonte: (PHILIPS, 2013)

## 2.5.11 Tipos de Fechaduras

As fechaduras que existem no mercado apresentam diversas formas e modelos, para cada tipo de porta ou portão (madeira, metal ou vidro), cada uma para uma aplicação específica. Existem as fechaduras mecânicas (convencionais), elétricas, eletromagnéticas, biométricas (HDL, 2013). Dos modelos de fechaduras elétricas para o controle de acesso destacam-se as principais: fechaduras elétricas de sobrepor e o fecho elétrico.

### 2.5.11.1 Fechaduras elétricas de sobrepor

As Fechaduras Elétricas de sobrepor (Figura 16) são as mais comuns e utilizadas no mercado. São usadas para portas ou portões de metal ou madeira e é compatível com todos os porteiros eletrônicos. Possui ajuste para portas leves e pesadas e memória mecânica que destrava no primeiro impulso. Extremamente robustas e duráveis que proporciona total segurança ao ambiente (HDL, 2013).



Figura 16 – Fechadura elétrica de sobrepor

Fonte: HDL (2013)

### 2.5.11.2 Fecho elétrico

Os fechos elétricos (Figura 17) foram desenvolvidos para aplicação em portas de madeira ou metal e trabalham em conjunto com uma fechadura convencional. O acesso é liberado por meio de controle de acesso externo, botão interno ou chave e é instalado no batente da porta. São indicados para portas internas dividindo ambientes em escritórios, consultórios, residências e afins (HDL, 2013).



Figura 17 – Fecho elétrico

Fonte: HDL (2013)

## 2.6 Componentes de comunicação

### 2.6.1 USB

A necessidade do uso do USB se faz pelo fato do computador precisar enviar mensagens ao hardware microcontrolador. Portanto é necessário que haja conexão que além de prover energia ao computador, também seja utilizada para a transmissão de informação.

Outra razão que leva a escolha da conexão USB é devido a sua simplicidade na configuração e manuseio. Por se tratar de uma conexão confiável devido a protocolos próprios, possuir compatibilidade com grande parte dos sistemas operacionais, por ser de baixo custo e visto que os computadores, atualmente, possuem várias portas USB, mostra que essa forma de conexão é a mais indicada.

“USB (Universal Serial Bus) tem a particular função de permitir a conexão de muitos periféricos simultaneamente (pode-se conectar até 127 dispositivos em um barramento USB) ao barramento e este, por uma única tomada, se conecta a placa-mãe” (MONTEIRO, 2004)

## 2.7 Componente de Software

### 2.7.1 PHP

O PHP<sup>5</sup> é uma das linguagens mais utilizadas na *Web*. Milhões de sites no mundo inteiro utilizam PHP. A principal diferença em relação às outras linguagens é a capacidade que o PHP tem de interagir com o mundo *Web*. Segundo Niederauer (2011), a linguagem de programação PHP apresenta várias características e vantagens, como:

- É uma linguagem de fácil aprendizado;
- Tem suporte a outros serviços através de protocolos como IMAP, NNTP e logicamente, HTTP;
- Tem suporte a um grande número de bancos de dados como: dBase, Interbase, mSQL, mySQL e vários outros;
- É multiplataforma, tendo suporte aos sistemas operacionais mais utilizados no mercado;
- Gratuito e com código aberto e não precisa ser compilado;

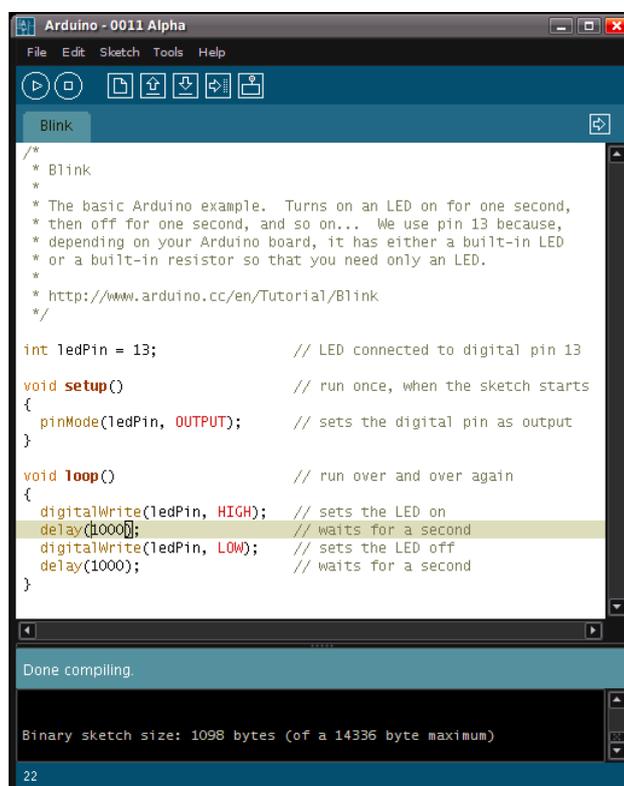
Desta maneira é possível ter uma visão geral sobre como funcionar a linguagem PHP, assim como a maneira de interagir com bancos de dados e as aplicações existentes no servidor.

<sup>5</sup> PHP significa "PHP: *Hypertext Preprocessor*" é uma linguagem de programação de ampla utilização, é usada para desenvolvimento para a *Web*, mesclada dentro do código HTML.

## 2.7.2 IDE Arduino

O IDE do Arduino (Figura 18) é derivado do IDE usado na linguagem de programação *Processing* e no *Wiring*. Além de facilidades para programação, o IDE permite também transferir o código compilado para o microcontrolador via porta serial. Os projetos desenvolvidos nesta plataforma podem funcionar de forma independente ou em conjunto com aplicativos executando em um computador.

A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento de aplicações para o arduino é baseada em C/C++ e encapsula diversos aspectos de baixo nível da programação do microcontrolador, o que torna a programação do microcontrolador mais amigável (MELLIS, 2007).

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Arduino - 0011 Alpha". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for running, stopping, saving, and other functions. The main text area contains the code for the "Blink" sketch. The code is as follows:

```
/*  
 * Blink  
 *  
 * The basic Arduino example. Turns on an LED on for one second,  
 * then off for one second, and so on... We use pin 13 because,  
 * depending on your Arduino board, it has either a built-in LED  
 * or a built-in resistor so that you need only an LED.  
 *  
 * http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink  
 */  
  
int ledPin = 13;           // LED connected to digital pin 13  
  
void setup()              // run once, when the sketch starts  
{  
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output  
}  
  
void loop()               // run over and over again  
{  
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on  
  delay(1000);                // waits for a second  
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // sets the LED off  
  delay(1000);                // waits for a second  
}
```

The status bar at the bottom of the IDE shows "Done compiling." and "Binary sketch size: 1098 bytes (of a 14336 byte maximum)". The line number "22" is visible at the bottom left of the code editor.

Figura 18 – IDE Arduino

Fonte: <<http://commons.wikimedia.org/>>

As funções *setup()* e *loop()* são obrigatórias em todas as aplicações desenvolvidas para o Arduino. A função *setup()* é inserida no início da execução e pode ser utilizada para iniciar variáveis e configurar as portas do microcontrolador.

Na função laço principal *loop()*, que será repetida infinitas vezes, está toda a lógica da aplicação. As outras funções criadas só poderão ser chamadas de dentro destas duas funções.

## 2.8 Sistemas Embarcados

Segundo Stallings (2009) um sistema embarcado é a combinação de *hardware* e *software* de um computador e, muitas vezes, partes mecânicas adicionais, projetadas para realizar uma função dedicada.

Segundo Mehl (2011), um sistema embarcado é classificado como sistema computacional de uso específico, que relaciona e interage com o ambiente a sua volta, por meio de sensores e atuadores, utilizando recursos computacionais como memória, processador, entradas e pode interagir através de interfaces de saída como teclados, display, LEDs desde que o sistema para o qual foi desenvolvida.

Um sistema embarcado é a combinação de componentes de *hardware* e *software*, que usa interfaces de entrada e saída específicas e dedicadas, e tem como função específica realizar uma determinada tarefa. Eles são constituídos, basicamente, pelos mesmos elementos de um computador tradicional: memória, processador, dispositivo de massa, interfaces e outros. A principal diferença entre o computador tradicional e sistema embarcado é que, o sistema embarcado se limita a executar apenas uma única tarefa pré-determinada.

Com os avanços da tecnologia embarcada, da comunicação sem fio permitiram o surgimento de equipamentos cada vez mais automatizados nas áreas industriais, residências e comerciais.

## 2.9 Principais sistemas a serem automatizados

### 2.9.1 Controle de Iluminação

O Sistema de controle de iluminação tem como principal objetivo controlar e gerenciar a iluminação do edifício, visando o aproveitamento da luz natural, diminuindo o consumo de energia elétrica no edifício. O controle pode atuar definindo níveis de iluminação conforme o ambiente e ligando ou deligando as luzes na presença ou ausência de pessoas no ambiente (MONTEBELLER, 2006).

### 2.9.2 Controle de Acesso

O Sistema de controle de acesso deve ser capaz de fornecer informações que garantam ou restrinjam o acesso dos usuários as diversas áreas do edifício. Existem varia tecnologias que permitam a identificação pessoal e o acesso ao interior do edifício (MARTE, 2008).

## 3 Trabalhos Relacionados

### 3.1 Protótipo de automação predial utilizando a plataforma arduino

Segundo Gomes e Silveira (2007) a construção de protótipos educacionais em disciplinas ou em trabalhos de iniciação científica ganha cada vez mais espaço, devido ao custo de aquisição dos protótipos das empresas que comercializam além da dependência tecnológica ao ser realizada esta aquisição, não permitindo muitas vezes, a incorporação de novas tecnologias ou uso de novos algoritmos computacionais para testes comparativos.

Neste artigo apresenta por objetivo a construção de um protótipo de baixo custo para a utilização do conceito automação predial, com o objetivo de monitorar e controlar as variáveis de temperatura, luminosidade e segurança. De uma forma simples, através de sensores e atuadores instalados no protótipo e, com o uso de um sistema de controle utilizando uma logica sequencial, e de uma comunicação serial entre a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino e um dispositivo de monitoramento, um computador.

É apresentado na Figura 19, o diagrama de blocos do sistema de controle de malha fechada para o protótipo educacional de automação predial em questão.

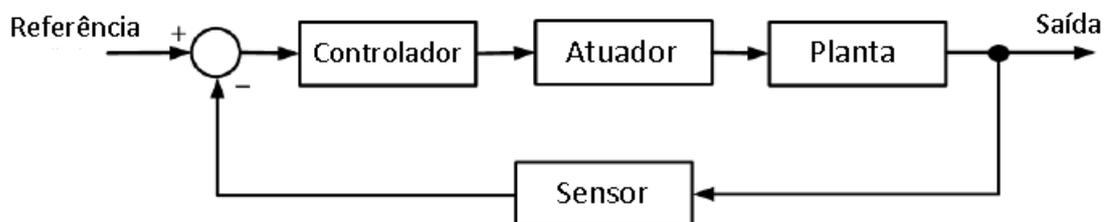


Figura 19 – Diagrama de blocos do protótipo

Fonte: Icaro et al. (2012)

O protótipo foi construído utilizando madeira cúbica, no qual foram inseridos os sensores e atuadores, além de uma fonte de tensão para alimentação do sistema e da plataforma Arduino, apresentado pelos autores Icaro, Filipe e Ademar (2012).

A idéia consistia em utilizar os sensores de temperatura e luminosidade nas medições dos parâmetros oferecidos pelo usuário, desenvolvendo um controle sequencial e modificando os parâmetros do protótipo através de atuadores (motores) para que eles fiquem o mais próximo do usuário. Foi utilizado o sensor LM35 (sensor de temperatura) e o LDR (sensor de luminosidade), assim como atuadores, coolers e LED's. Na Figura 20 observa-se o circuito elétrico do protótipo utilizado neste projeto.

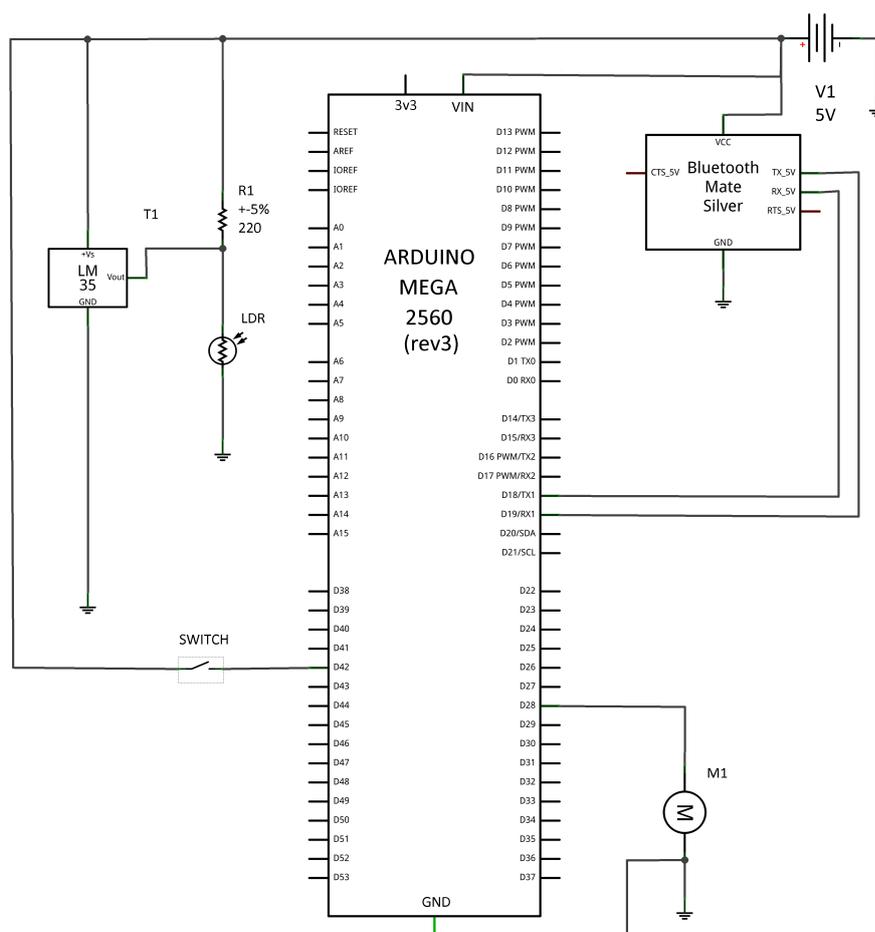


Figura 20 – Circuito elétrico

Fonte: Icaro et al. (2012)

A lógica computacional elaborada foi realizada no próprio arduino, através de um controle liga-desliga (on-off). Para realizar a comunicação do Arduino com o dispositivo supervisor do usuário foi utilizada a comunicação serial, recurso presente no Arduino através dos pinos de comunicação serial, Tx e Rx.

### 3.2 Análise dos protocolos de rede sem fio

Para que todos os dispositivos se comuniquem, sem perder dados ou haver desentendimento de informações, faz-se necessário algumas regras de comunicação. Essas regras são chamadas de protocolos de comunicação sendo de suma importância para o bom estudo da domótica.

Para que a escolha do protocolo correto seja feita deve-se analisar o projeto criteriosamente. O trabalho de Diane (2005) está relacionado devido à análise dos protocolos de comunicação de rede sem fio, como pode ser visto na Figura 21.

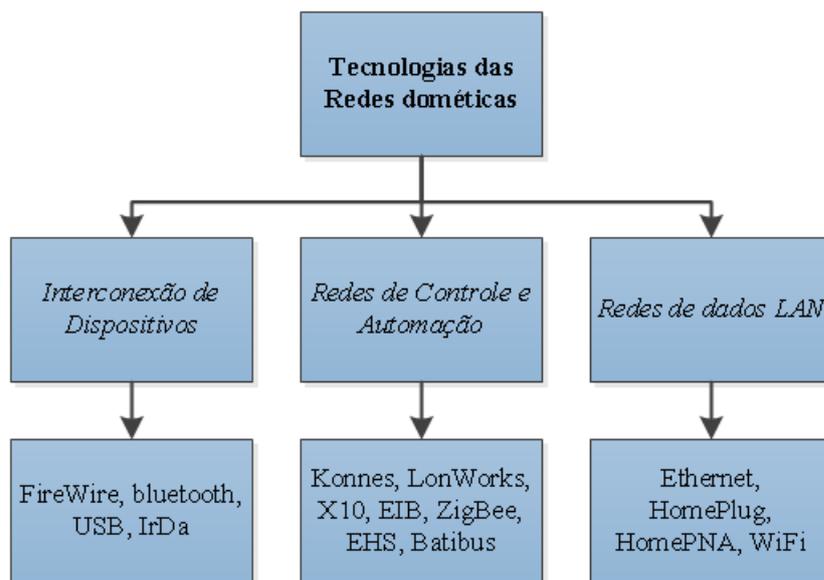


Figura 21 – Tecnologias das Redes Domésticas

Fonte: DIANE (2005)

Neste trabalho é apresentado um estudo sobre os protocolos usados comumente em redes locais e internet e os principais riscos de segurança de rede. Ao final do estudo deste artigo, considera-se que o presente estudo responde à sua questão central de como pode ser escolhido o protocolo de comunicação a ser composto um sistema doméstico.

Os principais protocolos de estudo deste artigo é protocolos: TCP/IP, ARP, IMCP, X-10, Zigbee, dentre outros. O trabalho apresenta também os modelos de rede que são utilizados atualmente e a comparação com os modelos de redes sem fio. Segundo Diane (2005) é visto alguns subsistemas e dispositivos que podem ser automatizados e o planejamento para um bom projeto de automação residencial.

### 3.3 Wireless na Automação Predial

Este trabalho de Montebeller (2006) apresenta um estudo sobre o emprego de dispositivos sem fio e suas aplicações na automação predial. Também apresenta a automação do condicionador de ar e de outros sistemas prediais.

Neste artigo são apresentados os principais sistemas que podem ser automatizados dentro de um edifício inteligente. A demonstração do uso de dispositivos sem fio foi feita a partir de um protótipo. O protótipo elaborado no artigo teve como objetivo de substituir os sensores de temperatura do sistema de ar condicionado. Na Figura 22, observa-se o sistema de ar condicionado. Foi testado em vários modos de operação para a avaliação de consumo das baterias, operação em rede e custo.

Atualmente o custo dos equipamentos utilizados em redes sem fio vem caindo bastante, fazendo com que a tecnologia se torne uma boa opção quando os usuários necessitam de

rapidez de instalação, mobilidade e liberdade para outros pontos da rede. Outra vantagem é a mobilidade da própria rede, ou seja, as redes sem fio podem ser mudadas de um ambiente ou prédio para outro sem custos de instalação de cabos.

Pretende-se demonstrar que os dispositivos sem fio podem ser mais uma opção na automação de edifícios, podendo servir como soluções, em vários casos, para problemas de infra-estrutura e de integração dos sistemas de automação.

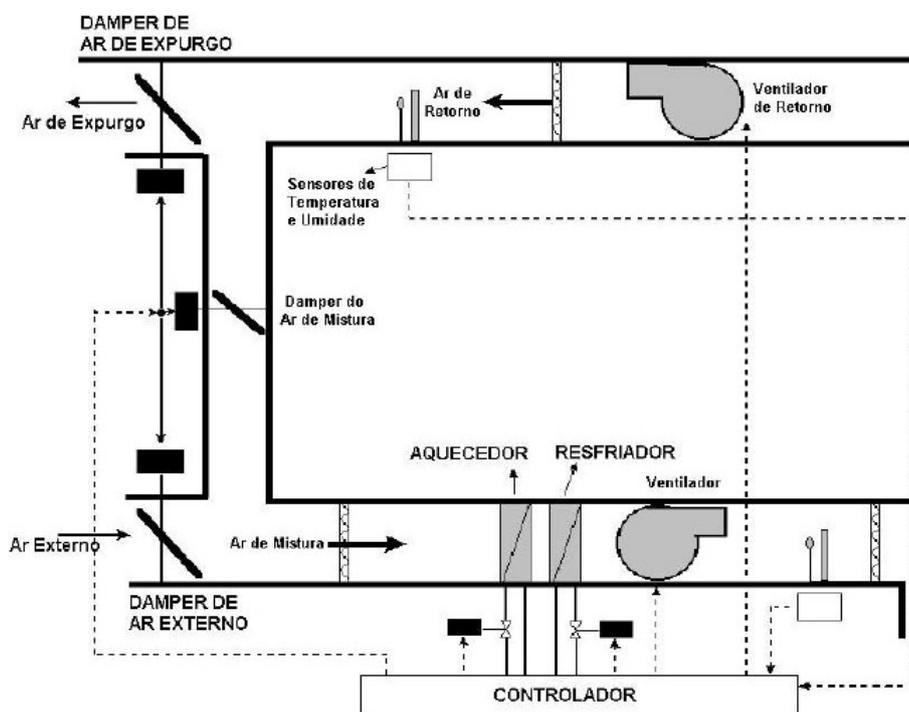


Figura 22 – Sistema de ar Condicionado

Fonte: MONTEBELLER (2006)

O uso de equipamentos como telefones celulares e notebooks, que possuem canais de comunicação sem fio, também é interesse de estudo deste artigo, na pesquisa de soluções usando redes sem fio. Assim como, a tecnologia de transmissão de dados sem fio, os principais padrões e algumas tecnologias proprietárias.

Pode-se analisar neste artigo, os tipos de redes utilizadas na automação predial, bem como o meio físico e os protocolos padronizados existentes. Apresenta também exemplos de aplicações de redes de transmissores sem fio, comparando custos de implantação com redes convencionais. Ao final deste artigo, conclui-se sobre o uso de tecnologia sem fio, perspectivas de mercado, comparação de custos e sua aplicação na automação predial.

## 4 Modelo proposto pelo projeto

Conforme foi apresentado anteriormente, o objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de automação predial capaz de realizar o monitoramento e controle centralizado de dispositivos de uma sala de aula da UEA, proporcionando uma maior comodidade para os funcionários e alunos que tem acesso as salas de aula. Dessa forma é possível ter uma visão mais ampla do projeto, apresentando as características do modelo atual e do modelo proposto.

### 4.1 Situação Atual

Atualmente, as salas de aulas da EST/UEA são controladas por funcionários que tem acesso as chaves das salas. No horário de aula é solicitado a este funcionário se deslocar a sala para abrir a mesma e permitir o acesso das pessoas, conforme mostrado na Figura 23.

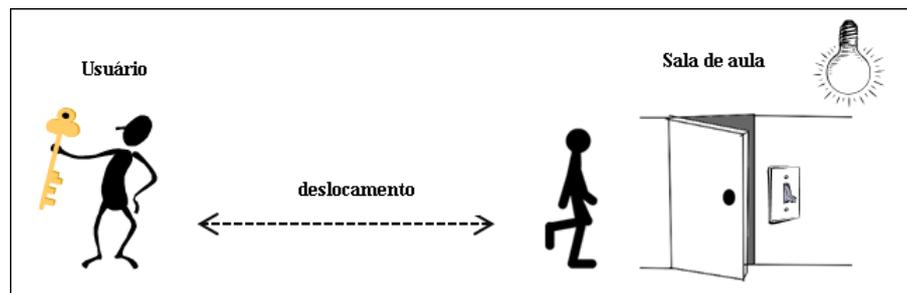


Figura 23 – Situação Atual

A iluminação do ambiente ocorre com o acionamento do interruptor, como é normalmente em casas e prédios. Não é incomum alunos e funcionários esquecerem as lâmpadas ligadas das salas de aula. Esse fato causa um gasto de energia desnecessário, o que implica diretamente nos custos da universidade. Este tipo de problema poderá ser resolvido com o controle dos dispositivos elétricos a distância por um funcionário. Assim este terá a possibilidade de desligar ou ligar sem a necessidade do deslocamento até sala de aula.

### 4.2 Modelo proposto

O modelo proposto pelo projeto se baseia no controle centralizado para o controle a distância dos dispositivos sem a necessidade do deslocamento do funcionário até o local. Neste caso, terá um controle e monitoramento pelo usuário que fará a abertura da sala de aula e das lâmpadas à distância, através Servidor *Web*.

Na sala de aula o controle dos dispositivos foi feito por um microcontrolador acoplado ao Ethernet Shield e ao Xbee transmissor que fará a comunicação através da Rede Zigbee estabelecida com outro Xbee receptor, conforme pode se observar na Figura 24.

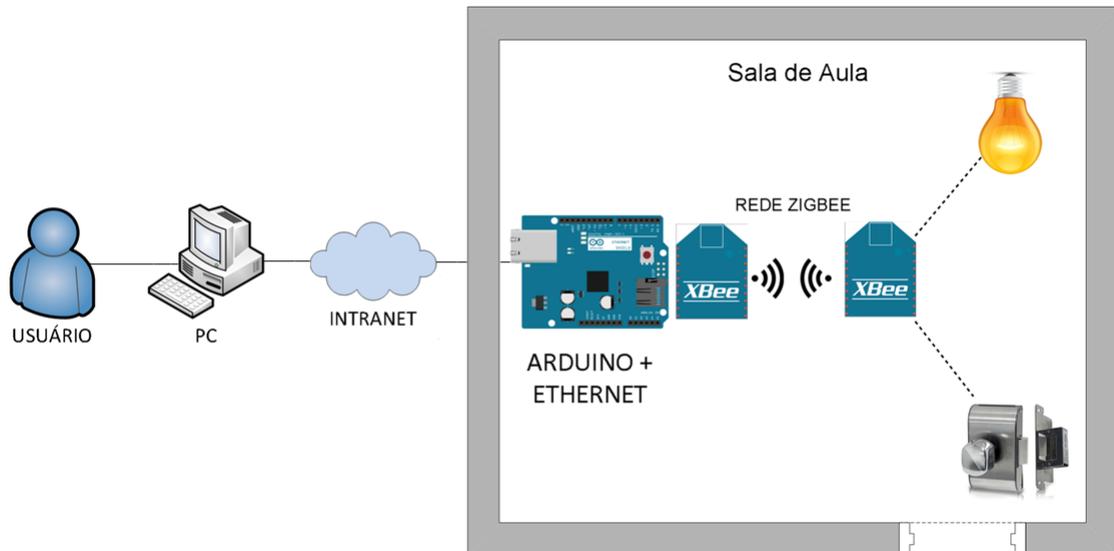


Figura 24 – Diagrama da Arquitetura do Projeto

Para alcançar o objetivo do projeto, foi desenvolvido um sistema que realiza a automação predial através de uma rede comunicação sem fio, utilizando o padrão ZigBee. Na Figura 25 se destaca o diagrama de blocos do modelo proposto para a transmissão.

A solução da automação predial desenvolvida nesse projeto é composta por um conjunto de componentes de *hardware* e *software* que interagem por meio de uma rede sem fio. O protocolo de comunicação ZigBee atende aos requisitos para o projeto pois apresenta baixo custo e consumo de energia e tem sido muito empregado em redes de comunicação sem fio.

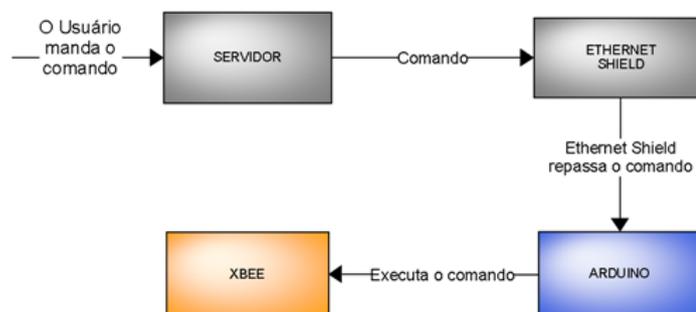


Figura 25 – Diagrama de blocos para a transmissão

## 4.3 Computador Cliente

A proposta foi desenvolver uma solução independente de outros sistemas, de baixo custo, com uma interface única, simples e intuitiva, para fins de configuração, monitoramento e acionamento dos dispositivos.

O usuário deverá conectar os dispositivos na plataforma, ligá-los na rede, fazer a devida configuração na interface, e usufruir das funcionalidades do sistema. Desta forma, o usuário irá acessar o computador cliente, localizado numa sala central onde atua os funcionários, para ter acesso aos dispositivos atuadores do sistema.

## 4.4 Aplicações

### 4.4.1 Banco de Dados

Para que haja um gerenciamento confiável e organizado, é necessário o armazenamento de todas as informações e configurações dos elementos da rede, além de diversos outros dados de acesso do sistema, em um banco de dados residente no servidor.

Este banco de dados recebe nomes, senhas e acessos específicos de todos os usuários cadastrados no sistema, posteriormente consultados pelo serviço responsável pela liberação de acesso de cada usuário. Este controle é crítico, pois somente um usuário devidamente autorizado pode alterar configurações da rede, assim como ter acesso a criação de novos usuários e permissões.

### 4.4.2 Tela inicial

Nesta tela são informados os dados para validação do login do usuário, se o login e a senha estiverem corretos e o usuário estiver ativo, então será direcionado para a página de acesso de controle e monitoramento dos dispositivos. Na Figura 26 visualiza-se a tela inicial.

e-EST/UEA

Sistema de Controle e Monitoramento

Usuário:

Senha:

[Esqueci senha](#)

Trabalho de Conclusão de Curso II    Rafael Santos da Costa

Figura 26 – Acesso do Usuário

### 4.4.3 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência dá ênfase a ordenação temporal em que as mensagens são trocadas entre os objetos de um sistema proposto, neste caso da tela inicial. Representa a informação de uma forma simples e lógica. Na Figura 27 é visto o diagrama de sequência para a situação em que o usuário é cadastrado no sistema.

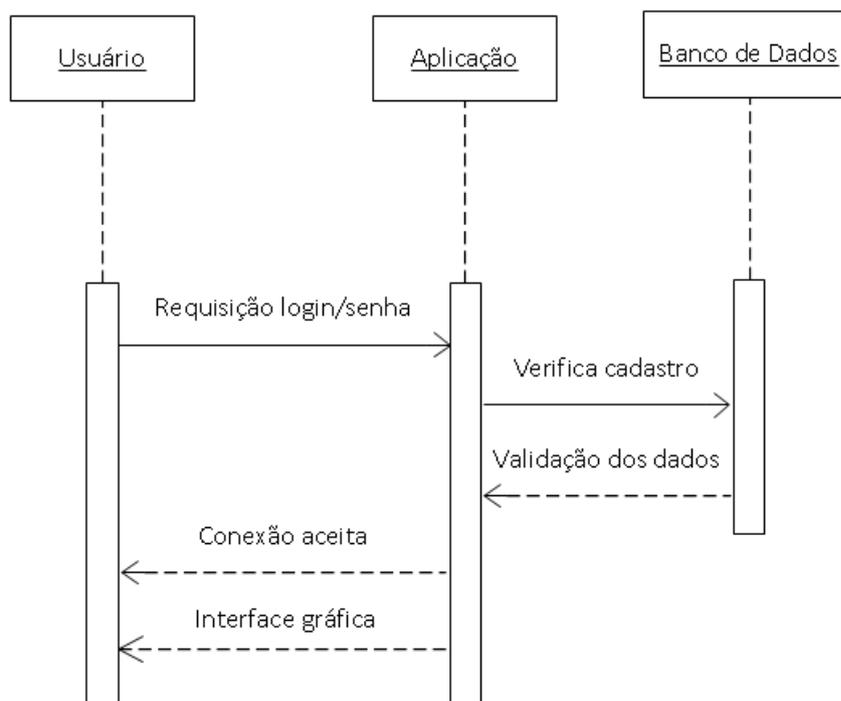


Figura 27 – Diagrama de Sequência

## 4.5 Intranet

Dentro de uma empresa, por exemplo, todos os departamentos possuem alguma informação que pode ser trocada com os demais setores, podendo cada seção ter uma forma direta de se comunicar com as demais, o que se assemelha muito com a conexão LAN, que, porém, não emprega restrições de acesso.

A intranet é um dos principais veículos de comunicação, que através dela, o fluxo de dados é constante. Neste contexto, a intranet da UEA/EST é o meio de comunicação usado para a conexão do computador cliente aos dispositivos de campo, na qual será usado para o acionamento dos dispositivos.

## 4.6 Servidor Web

Para o desenvolvimento do projeto, a comunicação é realizada através de um servidor local que tem acesso a intranet. Toda página PHP só pode rodar em um servidor que tenha um interpretador PHP ativo, ou seja, rodando.

Neste caso, foi instalado o Xampp<sup>1</sup>. Desta forma, foi feita a programação para o Controle via *Web* e para o controle do Arduino. Na Figura 28 é visto o fluxograma da página em PHP.

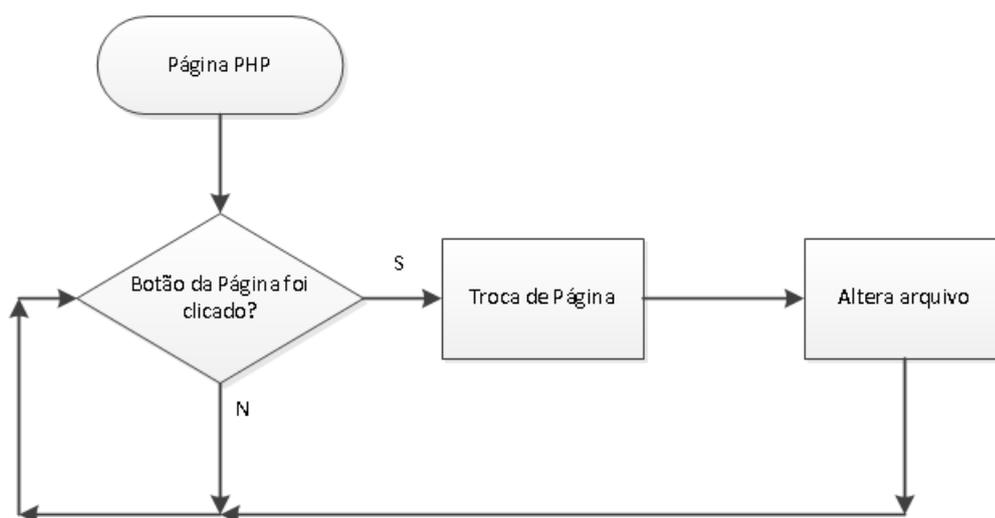


Figura 28 – Fluxograma da página em PHP

O servidor processa o PHP e envia o código HTML pro navegador. O XAMPP serve pra isso, para criar um servidor local, para que o script PHP funcione sem precisar de um host. Para essa implementação do site foi necessário a instalação do *Adobe Dreamweaver CS6*, um software criador de sites.

### 4.6.1 Site e-EST/UEA

O layout do site foi definido de uma maneira prática e intuitiva para o usuário, e foi hospedado em uma rede local para acesso pelo intranet. Foi dividido em telas com home, salas, agendamento e status, como mostra a Figura 29. A interface *Web* desenvolvida foi chamada de *e-EST/UEA*.

<sup>1</sup> XAMPP é um pacote com os principais servidores de código aberto do mercado, incluindo FTP, banco de dados MySQL e Apache com suporte as linguagens PHP e Perl.



Figura 29 – Interface Web

## 4.7 Estação Central de Transmissão

Para a Estação Central de Transmissão foi preciso uma análise plataformas de *hardware* existentes no mercado com suporte à Internet embarcada para compor o sistema, e é composta pelo seguintes placas: Arduino Mega, Ethernet Shield e o Xbee, conforme visto na Figura 30.

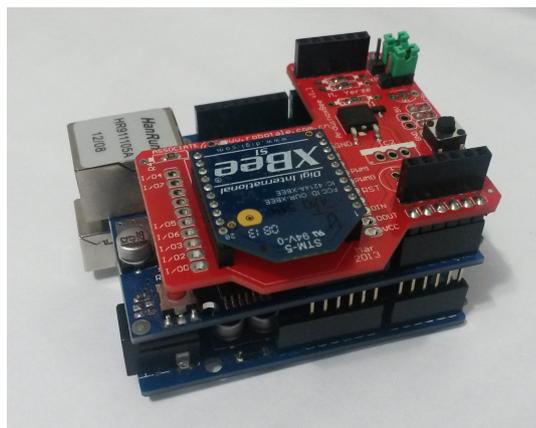


Figura 30 – Estação Central de Transmissão

### 4.7.1 Arduino Mega

Na Estação Central de Transmissão foi usado o Arduino Mega. Este Arduino Mega tem várias vantagens em relação ao Arduino Uno, mas ambas são uma plataforma baseada em uma simples placa de entrada/saída microcontrolada. O Servidor Web foi implementado na linguagem de programação C/C++, baseado em bibliotecas do Arduino. Para essa implementação foi utilizada a IDE<sup>2</sup> Arduino, que possui o compilador, uploader do código para a placa, e um console serial para depurar o código.

<sup>2</sup> Do Inglês, *Integrated Development Environment*

#### 4.7.1.1 Programação

A programação foi feita no IDE do Arduino. Este foi conectado ao Servidor Web via USB para fazer o upload do código. Como base para programação do arduino, foi tido como exemplo o programa disponibilizado no próprio IDE do Arduino que explica como fazer uma conexão utilizando o Arduino e o Ethernet Shield. De acordo com as necessidades do projeto, o programa foi modificado, a fim de se adequar às características da rede utilizada (Figura 31), sofrendo alterações como endereço de IP, endereço MAC e máscara de sub rede.

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

//Configurações do Ethernet Shield
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = { 192,168,1, 59 }; // Ip que o Arduino assumirá
byte gateway[] = { 192,168,1, 1 }; // Ip do roteador
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };

EthernetServer server(18); // Cria o servidor na porta 18
```

Figura 31 – Configuração da Rede

#### 4.7.2 Comunicação via Ethernet Shield

Ao conectar o arduino ao ethernet shield à uma rede ou a Internet, torna possível vários projetos diferentes. Neste caso, foi utilizado como servidor Web para disponibilizar páginas simples contendo os dados para fazer o acesso. Foram necessário fazer as configurações do Ethernet shield, como o IP que o arduino assumirá e do roteador. Este IP que o arduino assumirá deve ser diferente do IP da rede local para não gerar conflito de rede. Foi aberta uma porta para o servidor web, a porta 18, para que toda solicitação de página HTML fosse direcionada para o ethernet shield.

O módulo Ethernet foi utilizado no projeto para ligar o arduino a rede local (LAN) através da porta RJ45 permitindo que o arduino se conecte na rede e troque informação com os computadores ou dispositivos da mesma rede.

Segundo o seu datasheet, ele é baseado no chip *Wiznet W5100*, ele oferece uma maneira fácil e rápida de deixar o arduino online e também inclui protocolos como TCP, UDP, ARP, suportando ainda até 4 (quatro) conexões independentes ao mesmo tempo. Na Figura 32 é visto a comunicação do arduino com o ethernet shield.

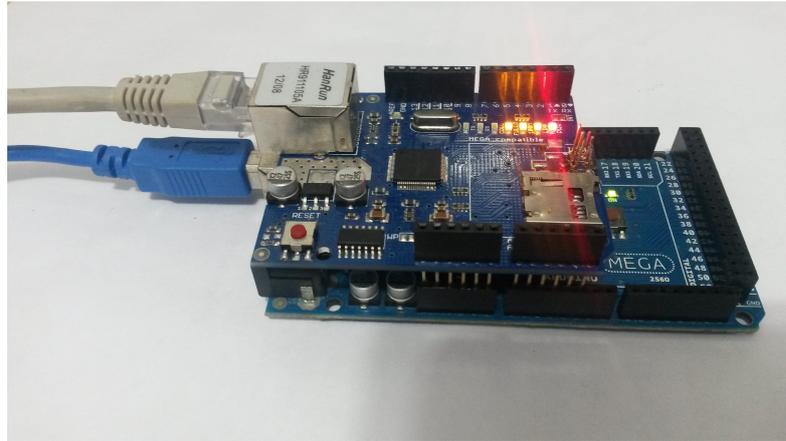


Figura 32 – Arduino e Ethernet Shield.

### 4.7.3 Módulo Xbee Transmissor

O módulo XBee foi acoplado ao arduino através da shield XBee, que permite a instalação do módulo XBee sem a perda de funcionalidades da placa arduino.

Para configuração do módulo Xbee, a fabricante *Digi Internacional* disponibiliza o software X-CTU<sup>3</sup>, capaz de configurar desde a função do dispositivo na rede até questões de segurança. A configuração do módulo Xbee também pode ser feita através do software CoolTerm<sup>4</sup>. A diferença entre os dois é que usando o CoolTerm, além de poder configurar o módulo também é possível ver quais informações que estão sendo recebidas pelo Xbee.

Para comunicação com a rede ZigBee no servidor foi usando o software CoolTerm, utilizando o shield Xbee ao arduino, conforme a Figura 33.

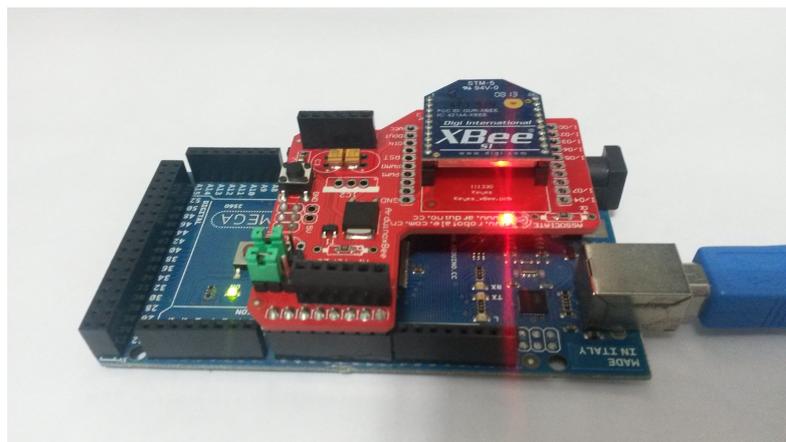


Figura 33 – Arduino e Xbee transmissor

OS módulos Digi XBee possuem duas formas de comunicação lógica via interface serial: AT *Command* e API. Na opção AT *Command* o módulo XBee opera como um modem. A

<sup>3</sup> <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352>

<sup>4</sup> <http://freeware.the-meiers.org/>

leitura e configuração dos parâmetros é feita através de comandos AT quando em modo “comando” e opera de forma transparente quando em modo “terminal”.

A opção API consiste de uma estrutura de bytes formando pacotes que trafegam pela serial do módulo e definem um protocolo adicionando várias funcionalidades. Com API a aplicação ganha flexibilidade, segurança e autonomia para gerenciar a rede ZigBee e seus dispositivos. As configurações completa do dois modos e mais detalhes de todos os comandos disponíveis podem ser vista no Datasheet<sup>5</sup> ou no Manual<sup>6</sup> do Xbee.

Para comunicação entre os módulos Xbee foi usando o software *CoolTerm*, no modo *AT Command* (transparente), pois a configuração é bem mais simples, utilizando as linhas de comando enviados pelo terminal do próprio software. Foi feito um teste simples, enviando uma mensagem em *broadcast* do Xbee transmissor e observando as mensagens recebidas pelo outro módulo pelo software *CoolTerm*.

Para o dispositivo entrar em modo comando digita-se os caracteres do sinal de soma três vezes (+++) e espera uma resposta OK do dispositivo. Após o dispositivo enviar o sinal OK, os comandos AT já podem ser enviados para a configuração. Após o envio da resposta OK, se nenhum comando for enviado durante um período de aproximadamente 10 segundos para o módulo ele entrará no estado *idle* (estado pronto para transmitir e receber dados). Na Figura 34 é visto a configuração do Xbee transmissor.

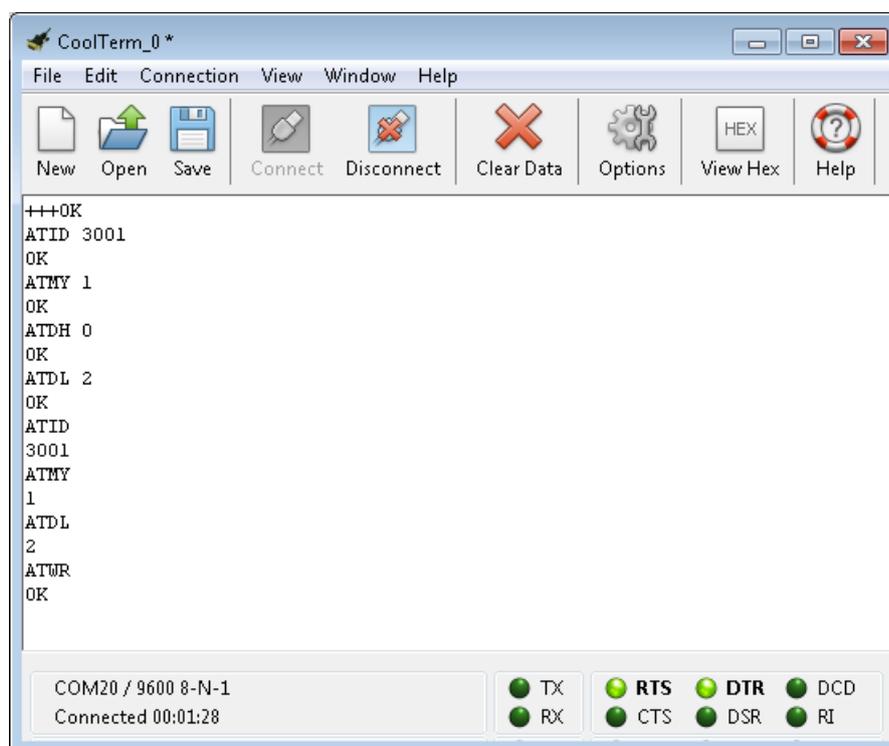


Figura 34 – Configuração do Xbee transmissor

<sup>5</sup> <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

<sup>6</sup> <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Manual.pdf>

## 4.8 Estação Receptora

Nesta Estação é feita a recepção dos sinais vindo da Estação Central de Transmissão. É composta pelos seguintes *hardwares*: Módulo Xbee e Arduino Uno.

### 4.8.1 Módulo Xbee Receptor

Este módulo funciona para receber os sinais vindos do Xbee transmissor. Foi colocado o Xbee no arduino e feito a configuração com o *CoolTerm*. Para o dispositivo entrar em modo comando digita-se os caracteres do sinal de soma três vezes (+++) e espera uma resposta OK do dispositivo. Após o dispositivo enviar o sinal OK, os comandos AT já podem ser enviados para a configuração.

Seguindo os mesmos passos de configuração do Xbee transmissor, no entanto, ATMY recebe 2 e o ATDL recebe 1, visto na Figura 35.

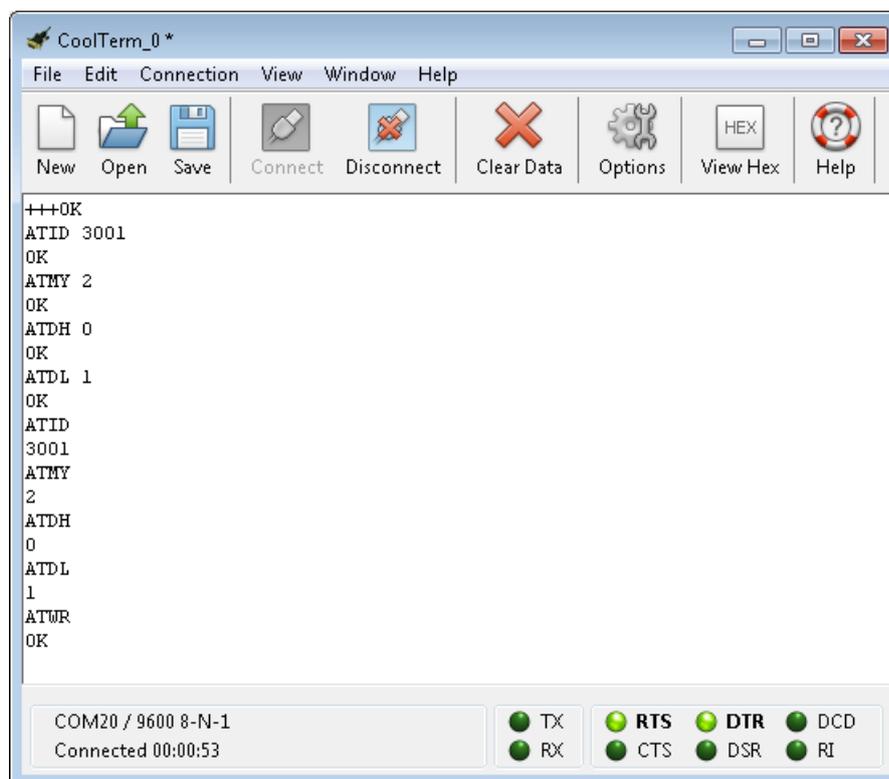
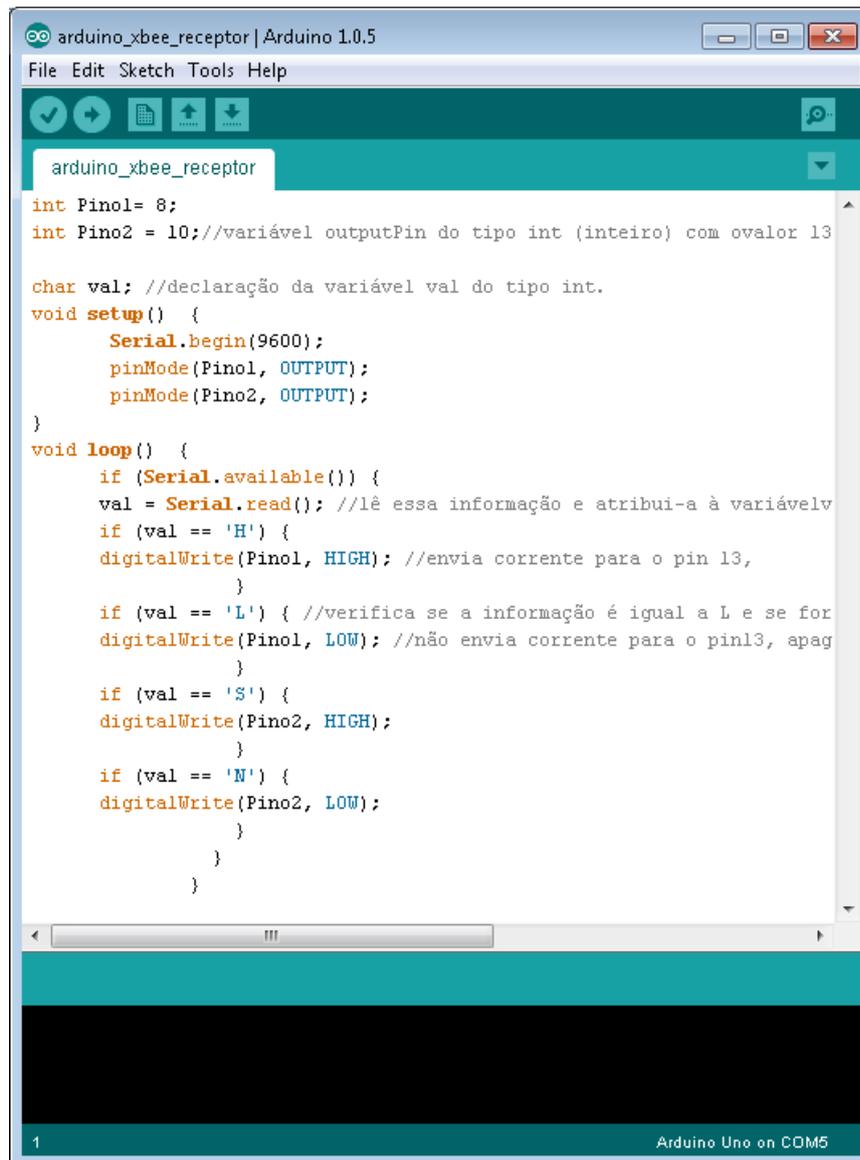


Figura 35 – Configuração do Xbee receptor

Estabelecida a comunicação entre os Xbees, foi realizado um teste para o funcionamento da conexão. Usando o software *Coolterm* e escrevendo uma string no Xbee transmissor, esta string foi recebida pelo Xbee receptor. A rede Zigbee entre os Xbee's foi estabelecida.

## 4.8.2 Arduino Uno

Com os dados recebidos pelo Xbee receptor, estes são processados e enviados ao Arduino Uno, na qual faz a conexão com os dispositivos de campo. O arduino uno é ligado a um fonte externa de 9V. Na Figura 36, é visto a programação feita no Arduino Uno da Estação Receptora.



```
arduino_xbee_receptor | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

arduino_xbee_receptor

int Pin01= 8;
int Pino2 = 10;//variável outputPin do tipo int (inteiro) com ovalor 13

char val; //declaração da variável val do tipo int.
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(Pin01, OUTPUT);
    pinMode(Pino2, OUTPUT);
}
void loop() {
    if (Serial.available()) {
        val = Serial.read(); //lê essa informação e atribui-a à variável
        if (val == 'H') {
            digitalWrite(Pin01, HIGH); //envia corrente para o pin 13,
        }
        if (val == 'L') { //verifica se a informação é igual a L e se for
            digitalWrite(Pin01, LOW); //não envia corrente para o pin13, apag
        }
        if (val == 'S') {
            digitalWrite(Pino2, HIGH);
        }
        if (val == 'M') {
            digitalWrite(Pino2, LOW);
        }
    }
}
```

Figura 36 – Programa Arduino da Estação Receptora

## 4.9 Dispositivos em Campo

Esta parte do projeto está relacionada a descrição dos dispositivos em campo, neste caso as lâmpadas fluorescentes e a fechadura elétrica.

### 4.9.1 Lâmpadas fluorescente

Para o acionamento das lâmpadas foram utilizados relés. Os relés funcionam como interruptores, mas que são acionados por baixa tensão.

O modelo utilizado no projeto foi o FANGKE, suporta tensões de até 127V alternado ou 30V contínuo e correntes de até 10A. Este relé é acionado por 5V. Na Figura 37 é visto o modelo da lâmpada utilizada.



Figura 37 – Lâmpada fluorescente

#### 4.9.1.1 Circuito Condicionador

Na prática o sinal de 5V que controlará o relé são os pinos digitais do Arduino. Mas estes pinos pode não “aguentar” a corrente necessária para ativar o relé. Para isso foi usado um transistor para acionar o relé e um diodo para proteção da corrente reversa.

A lista de componentes usados foram: um resistor de  $2.2k\Omega$ , um diodo 1N4004 e um transistor BC548. Na Figura 38, é visto o circuito condicionador para o acionamento das lâmpadas.

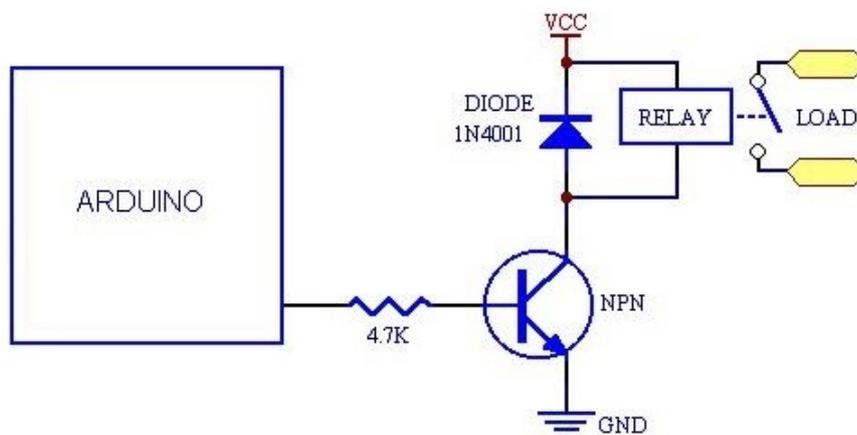


Figura 38 – Circuito Condicionador

O circuito condicionador feito na prática pode ser observado na figura 39.

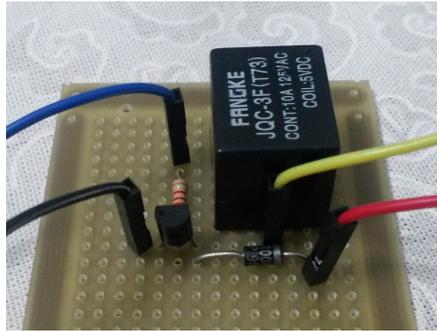


Figura 39 – Módulo desenvolvido

#### 4.9.2 Fechadura Elétrica

Para fazer o controle de acesso as salas de aula, foi realizada uma pesquisa sobre os tipos de fechaduras do mercado para atender as especificações do projeto.

Foi usado para o projeto o fecho elétrico da fabricante HDL modelo FEC-91 (Figura 40) pois este fecho trabalha em conjunto com uma fechadura convencional, instalada no batente da porta. Não tem a função de abrir a porta e sim de destravá-la, liberando a para ser aberta.

A maçaneta do lado externo do ambiente não deve ter ação de recolhimento da lingüeta da fechadura, servindo apenas como um puxador. Na área interna a maçaneta controla a ação de recolhimento da lingüeta. Este tipo de fecho elétrico foi escolhido pois apresenta um baixo custo, pode ser aberto do lado interno da sala, pois em caso de incêndio pode-se sair da sala de aula normalmente e eliminaria o uso das chaves.

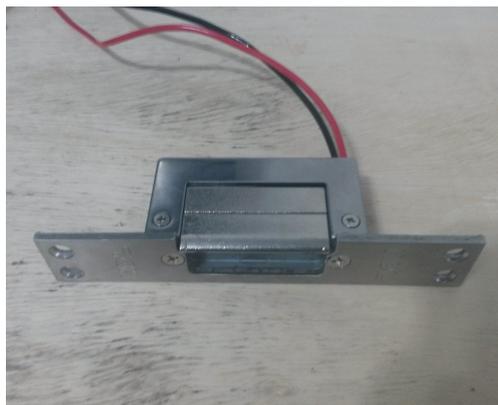


Figura 40 – Fecho elétrico

Para o acionamento deste tipo de fecho elétrico a alimentação deve fornecer 12Vac para que energize a fechadura. Os pinos digitais do Arduino da estação receptora é que acionaram o fecho elétrico. Por isso também foi necessário um circuito condicionador conforme dito no item 4.9.1.1.

## 5 Testes realizados e Resultados obtidos

### 5.1 Controle dos Dispositivos

Para o controle dos dispositivos de campo, foi criado um site *e-EST/UEA* hospedado numa rede local por acesso através da Intranet. Após ter sido realizado a configuração entre os módulos Xbee, depois de ter sido feito o upload dos códigos dos Arduino, tanto da Estação Central de Transmissão como da Estação de Recepção, foi estabelecida uma Rede de Comunicação sem fio *Zigbee*. Foram realizados os testes dos módulos Zigbee, da iluminação das salas de aula, pelo acionamento lâmpadas fluorescentes e o teste para o controle de acesso dos alunos, através do acionamento da fechadura elétrica.

#### 5.1.1 Teste dos Módulos Zigbee

Um dos testes iniciais realizados, foi feito para verificar a funcionalidade dos módulos Xbee adquiridos e se eles estavam desempenhando suas funções como deveriam.

Foi feita a conexão de um dos Arduino ao Xbee em um computador, e o outro Arduino, também conectado ao Xbee, foi conectado à outro computador como mostrado na Figura 41. Para fazer essa comunicação serial e realizar os testes, foi necessário que os microcontroladores do Arduino fossem retirados de suas respectivas plataformas pois só é permitido utilizar uma comunicação serial por vez, ou seja, somente a porta serial do Xbee é utilizada nos testes.



Figura 41 – Teste dos Módulos

#### 5.1.2 Acionamento das lâmpadas

Foi realizados os testes para o acionamento dos dispositivos de campo, neste caso a lâmpada. Acessando ao site *e-EST/UEA* na Sala A 40, quando se clica no botão da página “Lâmpada da Sala”, este envia o código correspondente para a Estação Central de Transmissão. A mensagem é enviada e recebida pela Estação Receptora. A página exibe o botão verde para os dispositivos ON e vermelho para OFF, conforme a figura 42.



Figura 42 – Iluminação ligada

A Figura 43 mostra a ação correspondente e que a lâmpada está ligada na Estação de Recepção.



Figura 43 – Lâmpada acesa

Na aba *Status* da interface gráfica, é possível visualizar se realmente a lâmpada foi acesa na sala, pois dessa forma se realiza o Monitoramento (Figura 44). O teste realizado foi satisfatório.



Figura 44 – Status da Sala de aula (Iluminação)

### 5.1.3 Acionamento da fechadura elétrica

O terceiro teste realizado foi o de Controle de Acesso. Semelhante ao teste de acionamento da lâmpada apresentado no item 5.1.2. A Figura 45 mostra que foi acionado o botão “Controle de Acesso” para destravar a porta da Sala.



Figura 45 – Controle de acesso liberado

A Figura 46 indica a ação correspondente e que a fechadura elétrica foi destravada, liberando o acesso.

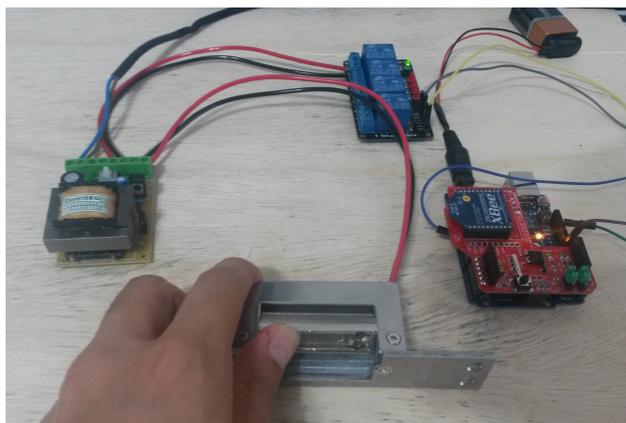


Figura 46 – Fechadura elétrica destravada

Na aba *Status* do interface gráfica, é possível visualizar se realmente a sala foi destravada para o acesso, conforme pode ser visto na Figura 47.



Figura 47 – Status da Sala de Aula (Controle de Acesso)

## 6 Conclusões

ESTE projeto apresenta uma proposta de automação predial para o controle de iluminação e o controle de acesso às salas de aulas da EST utilizando a tecnologia ZigBee. Esta tecnologia que tem se destacado pela economia de energia além de pode alcançar grandes distâncias para as redes de comunicação sem fio.

Além do conhecimento adquirido com os estudos relacionados à automação predial e ao padrão ZigBee, destaca-se o aprendizado da linguagem de programação PHP e da estrutura de sites HTML para a disponibilização de uma interface Web para o Usuário. Vale ressaltar que este usuário responsável por fazer o controle e monitoramento dos dispositivos, pode acessar ao site e-EST/UEA pelo seu smartphone, fazendo as devidas configurações de rede para ter esse acesso.

Durante o desenvolvimento do projeto a principal dificuldade encontrada foi a realização da configuração dos módulos Xbee, mas foi superada no decorrer do trabalho. Outra dificuldade que foi solucionada foi fazer a implementação de um *firmware* de controle para os dispositivos de campo. Contudo os resultados obtidos com o protótipo foram satisfatórios. O conhecimento do padrão ZigBee foi adquirido durante a elaboração desse trabalho e todos os resultados foram comprovados através do modelo prático.

Este trabalho permitiu demonstrar os benefícios que este tipo de tecnologia pode trazer para os alunos e funcionários, evitando o desperdício de energia com as lâmpadas acesas e trazendo comodidade e segurança para ter acesso as salas de aulas. Após finalizados todos os testes de acionamento foi constatado que a solução proposta funciona mas pode ser melhorada. Algumas idéias para a melhoria do projeto são introduzidas a seguir.

### 6.1 Trabalhos Futuros

Um trabalho futuro seria incrementar ao modelo proposto pelo projeto os aparelhos de Ar Condicionado. É difícil encontrar uma sala de aula que não possua um ar condicionado e automatizar este dispositivo seria muito vantajoso, pois haveria uma redução do consumo de energia ocasionado por esses equipamentos. Contudo, nem todos os fabricantes de ar condicionado disponibilizam os códigos IR dos controles remotos para serem decodificados.

Seria interessante também criar rotinas para ligar e desligar as lâmpadas e também travar e destravar as portas, baseado nos horários pré-determinados das aulas, tendo o controle automatizado das salas e a possibilidade de agendar previamente as salas.

# Referências

- ANGEL, P. *Introducción a la domótica*. [S.l.]: EBAI, 1993. Citado na página 13.
- ARDUINO. *Arduino Ethernet Shield*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>. Acesso em: 3 de Outubro de 2013. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- ATMEL. *Datasheet microcontrolador ATmega328P*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em <<http://www.atmel.com>>. Acesso em: 3 de junho de 2013. Citado na página 27.
- AURESIDE. *Associação Brasileira de Automação Residencial*. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 2 de Junho de 2013. Citado na página 18.
- BOLZANI, C. A. M. *Residências Inteligentes*. [S.l.]: São Paulo, Brasil., 2004. Citado 6 vezes nas páginas 13, 18, 19, 23, 24 e 25.
- CAPELLI, A. *Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos*. [S.l.]: São Paulo, 2009. Citado na página 18.
- DIANE, C. S. S. *Automação Residencial*. [S.l.: s.n.], 2005. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.
- DIAS, C. L. A. *Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial*. [S.l.: s.n.], 2004. Citado na página 19.
- FALUDI, R. *Building Wireless Sensor Networks*. [S.l.: s.n.], 2011. Citado na página 31.
- GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. *Experiências Pedagógicas em: Enciclopédia de Automática Vol. 1*. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 40.
- HDL. *Fábricas de porteiros eletrônicos e fechaduras elétricas*. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em <<http://www.hdl.com.br/produtos/fechaduras>> Acesso em: 12 de Outubro de 2013. Citado na página 36.
- ICARO, B. Q. A.; FILIPE, V. S.; ADEMAR, G. C. J. *Desevolvimento de um Protótipo de automação predial utilizando a plataforma arduino*. Dissertação (Mestrado) — Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge, 2012. Citado na página 40.
- INMETRO. *Informações ao Consumidor*. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/fluorescentes.asp>>. Acesso em: 3 de Outubro de 2013. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.
- INTERNATIONAL, D. *Xbee ó Zb Zigbee ó Modules - Digi International*. In: 2012. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbeerf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zb-module.overview>>. Acesso em: 22 jun. 2013. Citado na página 30.
- MARTE, C. L. *Automação predial: a inteligência distribuída nas edificações*. [S.l.]: São Paulo, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 39.

- MCROBERTS, M. *Arduino Básico*. [S.l.]: São Paulo, 2011. Citado na página 27.
- MEHL, E. L. d. M. *Sistemas eletrônicos embarcados*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, 2011. Citado na página 39.
- MELLIS, D. A. *An Open Electronics Prototyping Platform*. [S.l.: s.n.], 2007. Arduino, 2007. Disponível em: <<http://web.media.mit.edu/~mellis/arduino-chi2007-mellis-banzi-cuartiellesigoe.pdf>>. Acesso em: 20 de Junho 2013. Citado na página 38.
- MEUCCI, D. J. *Tipos de cabeamento*. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<http://www.portaldaaautomacao.com.br/artigo011.asp>>. Acesso em: 3 de Junho de 2013. Citado na página 23.
- MONTEBELLER, S. J. *Estudo sobre o emprego de dispositivos sem fios Wireless na automação do ar condicionado e de outros sistemas prediais*. Dissertação (Mestrado) — Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), 2006. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 42.
- MONTEIRO, L. A. *Internet como meio de comunicação possibilidades e limitações*. Dissertação (Mestrado) — Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 24, 2001. Campo Grande., 2004. Citado na página 37.
- MURATORI, J. *Automação Residencial*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/fasciculos.html.catid70>>. Acesso em: 12 de Setembro de 2013. Citado na página 19.
- NATALE, F. *Automação Industrial*. [S.l.]: São Paulo, 2003. Citado na página 32.
- NIEDERAUER, J. *Desenvolvendo Websites com PHP*. [S.l.]: São Paulo, 2011. Citado na página 37.
- NUNES, R.; SERRO, C. *Edifícios inteligentes: conceitos e serviços*. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<http://mega.ist.utl.pt/ic-eid/docs.htm>>. Acesso em: 3 de Junho de 2013. Citado na página 14.
- PHILIPS. *Lâmpadas*. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq-lampadas.wpd>>. Acesso em: 3 de Outubro de 2013. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.
- SOARES, L. F.; LEMOS, G.; COLCHER, S. *Redes de computadores: das LANs MANs e WANs as redes ATM*. Dissertação (Mestrado) — Rio de Janeiro: Campus, 1995. Citado na página 20.
- SOUZA, D. J. *Desbravando o PIC: Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A*. [S.l.]: São Paulo, Brasil, 2005. Citado na página 27.
- SOUZA, M. A. B. *Estudo comparativo entre a aplicação de sistemas dedicados e a utilização de controladores lógico-programáveis na automação predial*. Dissertação (Mestrado) — São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), 2004. Citado na página 22.
- STALLINGS, W. *Computer Organization and Architecture - Designing for Performance*. [S.l.]: Prentice Hall, 2009. Citado na página 39.

TANENBAUM, A. S. *Rede de Computadores*. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 21, 23 e 24.

TEZA, V. R. *Alguns Aspectos sobre a Automação Residencial - Domótica*. Dissertação (Mestrado) — Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina., 2002. Citado na página 24.

URZÊDA, C. C. *Software Scada como Plataforma para Racionalização Inteligente de Energia Elétrica em Automação Predial*. Dissertação (Mestrado) — Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Universidade de Brasília, Brasília., 2006. Citado na página 19.

VECCHI, H. F.; OGATA, R. J. *Domótica - edifícios inteligentes*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/intelige/domotica/>>. Acesso em: 4 de Junho de 2013. Citado na página 13.

VERDE, V. *As vantagens e Desvantagens das Lâmpadas LED*. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://visao.sapo.pt/as-vantagens-e-desvantagens-das-lampadas-led=f710735>>. Acesso em 03 de Novembro de 2013. Citado na página 35.

X10. *X10 Powerline Carrier (PLC) Technology*. [S.l.: s.n.], 2010. Agosto 2010. Disponível em: <<http://www.x10.com/support/technology1.htm>>. Acesso em: 4 de Junho de 2013. Citado na página 24.

ZIGBEE. *ZigBee Home Automation - Features*. [S.l.: s.n.], 2010. Setembro 2010. Disponível em: <<http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeHomeAutomation/Features.aspx>>. Acesso em: 4 de Junho de 2013. Citado na página 25.