

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE
COMPUTADORES**

**AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO REMOTO
RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Maurício Souza Declerque

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

STRC/UFSM, RS

DECLERQUE, Maurício Souza

Tecnólogo em Redes de Computadores

2014

AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO REMOTO RESIDENCIAL

Maurício Souza Declerque

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau.

Tecnólogo em Redes de Computadores

Orientador: Prof. Dr. Claiton Pereira Colvero

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE
COMPUTADORES**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO REMOTO RESIDENCIAL

elaborado por
Maurício Souza Declerque

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Tecnólogo em Redes de Computadores

COMISSÃO EXAMINADORA:

Claiton Pereira Colvero, PhD.
(Orientador)

Murilo Cervi, PhD.
(UFSM)

Renato Preigschadt de Azevedo, Msc.
(UFSM)

Santa Maria. 11 de Dezembro de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Luis Carlos Declerque (pai), Ana Maria Souza Declerque (mãe), Vinicius Souza Declerque (irmão) e Manuela Uflacker de Almeida (namorada), com todo meu amor, carinho e orgulho por ter recebido de vocês todo apoio e incentivo, por tudo que fizeram por mim ao longo desses anos. Espero ter correspondido a todas as expectativas que foram depositadas em mim, principalmente quanto a minha escolha na graduação.

Ao meu orientador Claiton Pereira Colvero, só tenho elogios a fazer, pois foi parte fundamental para o desenvolvimento do meu trabalho por ser uma excelente pessoa e profissional, e por toda sua paciência, apoio e dedicação durante a construção do projeto.

Aos professores, o meu agradecimento por terem me passado todo seu conhecimento, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. O meu obrigado por todo apoio, dedicação em todo esse tempo de curso.

Aos colegas, em especial ao amigo Dalvane, pelas amizades que foram construídas ao longo do curso, companheiros nas horas de trabalhos, estudo, lazer, por terem feito parte da minha formação, sempre estarão presentes em minha vida.

A todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu obrigado.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores
Universidade Federal de Santa Maria

AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO REMOTO RESIDENCIAL

AUTOR: MAURÍCIO SOUZA DECLERQUE
ORIENTADOR: CLAITON PEREIRA COLVERO
DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 11 DE DEZEMBRO DE 2014.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto de automação residencial eficiente e de baixo custo, especialmente desenvolvido e implementado para proporcionar maior segurança e comodidade aos usuários. Para a implementação foi realizada a integração de modernos sistemas de comunicação e instrumentação sem fio, baseados em redes adaptativas, dispositivos de segurança e ferramentas de *software* especialmente desenvolvidas para garantir o acesso remoto intuitivo dos usuários. Motivados pela crescente utilização e acessibilidade de equipamentos de automação dedicados para funções específicas, buscou-se mapear quais deveriam ser os recursos mínimos necessários para implementar um sistema de controle e monitoramento completo na própria residência do autor deste projeto. Com base em pesquisas bibliográficas e levantamento de preços de dispositivos comerciais para automação e controle, foram definidos na residência diversos pontos de interesse para a instalação de interfaces de *hardware* especialmente projetadas e implementadas. Através destas interfaces de *hardware* desenvolvidas para este projeto torna-se possível o monitoramento em tempo real das condições em que o ponto instrumentado se encontra, assim como também é possível realizar uma ação de prevenção ou correção a partir de dados coletados pelo próprio sistema. As ações propostas são automatizar o acionamento da iluminação de forma estratégica para prevenir roubos, travar ou destravar acessos à residência, abrir ou fechar os portões, acionar o sistema de monitoramento de câmeras, entre outras funções. Todo este sistema é gerenciado por um *software* armazenado em um servidor, que fornece todas as informações de forma remota através de uma página *web* certificada.

Palavras-chave: Automação, ZigBee, monitoramento, residencial, servidor.

ABSTRACT

Completion Of Course Work
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores
Universidade Federal de Santa Maria

AUTOMATION AND REMOTE MONITORING RESIDENTIAL

AUTHOR: MAURÍCIO SOUZA DECLERQUE
SUPERVISOR: CLAITON PEREIRA COLVERO
Date and Place of Defense: Santa Maria, December 11, 2014.

This paper presents the development of a project in an efficient and low cost home automation, specially developed and implemented to provide greater security and convenience to users. For the implementation was carried out the integration of modern communication systems and wireless instrumentation, based on adaptive networks, security devices and specially developed software tools to ensure the intuitive remote access users. Driven by the increasing use and accessibility of automation equipment dedicated to specific functions, we sought to map what should be the minimum resources necessary to implement a complete control and monitoring system in the own residence of the author of this project. Based on literature searches and survey of prices of commercial devices for automation and control, defined in residence several points of interest for the installation of specially designed and implemented hardware interfaces. Through these hardware interfaces developed for this project is made possible the real-time monitoring of the conditions in which the instrumented point is, as it is also possible to perform an action of prevention or correction from data collected by the system itself. The actions proposed are automating the drive lighting strategically to prevent theft, lock or unlock access to the residence, open or close the gates, trigger the camera monitoring system, among other functions. This whole system is managed by a software stored on a server, which provides all the information remotely through a certified web page.

Keywords: Automation, ZigBee, monitoring, residential, server.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Princípio de funcionamento de um relé de dois estados.	13
Figura 2 – Operação básica de um relé de dois estados conectado em uma carga.....	14
Figura 3 – Princípio de funcionamento de um relé de dois estados.	15
Figura 4 – Exemplos de tipos de configuração e abertura de portões eletrônicos.....	16
Figura 5 – Fechadura ou fecho eletrônico de controle de acesso.	18
Figura 6 – Exemplos de módulos com tecnologia <i>ZigBee</i>	19
Figura 7 – Módulo de conexão do <i>XBee/XBee-Pro</i> com a USB do computador.	21
Figura 8 – Adaptador do padrão de pinagem <i>ZigBee ProtoBee</i>	22
Figura 9 – Funções e facilidades dos módulos de adaptação <i>ProtoBee</i>	22
Figura 10 – Tela inicial do <i>software X-CTU</i>	25
Figura 11 – Estrutura do <i>frame API</i>	26
Figura 12 – Exemplo de um <i>frame API</i>	26
Figura 13 – Exemplo de servidor <i>web</i> aguardando solicitações de clientes.....	28
Figura 14 – Demonstração dos pontos de automação iniciais no projeto	32
Figura 15 – Croqui do terreno com as distâncias aproximadas	33
Figura 16 – Tela da extensão <i>Schematic Editor</i>	36
Figura 17 – Tela da extensão <i>Layout Editor</i>	37
Figura 18 – Tela da extensão <i>Autorouter</i>	38
Figura 19 – Utilização de <i>jumper</i> no circuito impresso.....	39
Figura 20 – Diagrama de ligação de um relé protegido por um diodo.....	40
Figura 21 – Diagrama de ligação de relés ao módulo <i>ZigBee</i>	42
Figura 22 – Diagrama esquemático de ligação do circuito de oito relés.	43
Figura 23 – <i>Layout</i> da placa de oito relés pronto para ser fresado.	44
Figura 24 – Diagrama esquemático de ligação do circuito de quatro relés.	45
Figura 25 – <i>Layout</i> da placa de quatro relés pronta para ser fresada.....	46
Figura 26 – Acesso ao sistema de monitoramento através de credenciais.	49
Figura 27 – Opções de acionamento dos dispositivos.	49
Figura 28 – Opções de acionamento do dispositivo.	50
Figura 29 – Equipamento DVR com as quatro câmeras que o acompanham.	51
Figura 30 – Visualização do <i>link</i> de redirecionamento do para as imagens.....	52
Figura 31 – Fluxograma de desenvolvimento do projeto.	53
Figura 32 – Interface do <i>software X-CTU</i> com o módulo configurado como coordenador.....	54

Figura 33 – Configuração dos parâmetros de criptografia nos módulos <i>ZigBee</i>	56
Figura 34 – Interface do <i>software X-CTU</i> com o módulo configurado como <i>router</i>	56
Figura 35 – Fragmento de <i>software</i> para inserção de um <i>frame API</i> no código PHP.....	57
Figura 36 – Placa de quatro relés montada para os ensaios em laboratório.	57
Figura 37 – Placa de oito relés montada para os ensaios em laboratório.	58
Figura 38 – Testes dos relés da placa de oito relés montada.	59
Figura 39 – Ensaio com as lâmpadas 220 V conectadas nos relés da placa.	60
Figura 40 – Ensaio com a fechadura eletrônica conectada no relé da placa.....	61
Figura 41 – Ensaio com um motor de 12 V girando nos dois sentidos de rotação.....	62
Figura 42 – Motor do portão deslizante com acionamento eletrônico.	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico/Digital
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CSMA-CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
DH	<i>Destination Address High</i>
DL	<i>Destination Address Low</i>
FFD	<i>Full Function Device</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
m	Metros
mA	MiliAmpère
µA	MicroAmpère
MAC	<i>Media Access Control</i>
Mbps	Megabits por segundo
MHz	MegaHertz
ms	Milisegundos
PAN	<i>Personal Area Network</i>
PAN ID	<i>Personal Area Network Identifier</i>
PHY	Camada Física
RFD	<i>Reduced Function Device</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volts
Vcc	Tensão Contínua
X_CTU	Plataforma de Configuração para XBee
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WMAN	<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>
WPAN	<i>Wireless Personal Network</i>
WWAN	<i>Wireless Wide Area Network</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
1.1. Desenvolvimento da interface de <i>hardware</i>	12
1.1.1. Acionamento de dispositivos estáticos – Relés de acionamento de dois estados...	13
1.1.2. Aplicação dos relés no projeto.....	14
1.1.3. Acionamento e controle de acessos – Portão eletrônico.	16
1.1.4. Especificações técnicas para a interface.....	17
1.1.5. Controle da iluminação.....	17
1.1.6. Fechadura eletrônica do portão de pedestres.....	18
1.2. Tecnologia de comunicação de dados - <i>ZigBee</i>	19
1.2.1. Adaptador modelo <i>ComUSBEE</i> para interface USB.....	21
1.2.2. Adaptador de pinagem modelo <i>ProtoBee</i>	22
1.3. Especificações da rede de dados e comunicação – Tecnologia <i>ZigBee</i>	23
1.3.1. Interface da entrada e saída (I/O) dos módulos <i>ZigBee</i>	24
1.3.2. Configuração das funcionalidades do padrão <i>ZigBee</i>	25
1.3.3. Modo de operação API (<i>Application Programming Interface</i>).....	25
1.3.4. Segurança de acesso e criptografia.....	27
1.4. Servidor <i>web</i> e aplicações.....	28
1.4.1. Linguagem de programação.	28
1.4.2. Desenvolvimento do servidor de dados <i>web</i>	29
2. MÉTODOS E TÉCNICAS	30
2.1. Caracterização do ambiente para realização dos ensaios.	31
2.2. Desenvolvimento prático do projeto	34
2.3. Desenvolvimento da interface de <i>hardware</i> do projeto.....	35
2.3.1. <i>Software Eagle</i> – Projeto de placas de circuito impresso.....	35
2.3.2. Roteamento de trilhas e artifícios de projeto.	38
2.3.3. Definição e projeto de <i>layout</i> da posição dos componentes.....	39
2.3.4. Projeto da placa de conexão com oito relés.....	41
2.3.5. Projeto da placa de conexão com quatro relés.....	44
2.4. Ferramentas de desenvolvimento de interfaces.....	46
2.4.1. Desenvolvimento e ensaios iniciais com o sistema <i>web</i>	47
2.4.2. Funcionalidades do sistema.....	48
2.4.3. Sistema de monitoramento de imagem com as câmeras.	51

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.1. Configurações dos módulos <i>ZigBee</i> no laboratório.....	54
3.2. Montagem da placa de interface de <i>hardware</i>	57
3.3. Resultados obtidos nos ensaios em laboratório.	59
3.4. Sugestões para trabalhos futuros.	63
CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS	66

INTRODUÇÃO

Atualmente nos encontramos cada vez mais dependentes de novas tecnologias e ferramentas que proporcionam um maior conforto e comodidade, sem a necessidade de promover esforços demasiados para conseguir o que se deseja, e desta forma, muitas vezes nos tornamos totalmente dependentes de tais benefícios. Todos os dias somos motivados a utilização de diferentes tecnologias e ferramentas específicas para desenvolver mecanismos automatizados, com capacidade de executar tarefas simples ou complexas, mas sem a necessidade de sair do sofá ou da cama para poder realizá-las.

Com a evolução das tecnologias e sistemas de comunicação proporcionando uma maior mobilidade, pode-se monitorar residências e outros bens de qualquer local em que se encontra. Não diferente, pode-se verificar o que está faltando na geladeira, por exemplo, para que no caminho de casa se possa parar em algum local para comprar o que está faltando.

Este projeto tem por finalidade realizar o estudo, desenvolvimento e implantação de um Sistema de Automação e Monitoramento Remoto Residencial, através da implantação de uma rede sem fio utilizando dispositivos *ZigBee*. Estes dispositivos estão sendo diretamente integrados com um *Software* de Monitoramento e Controle. Este sistema proporciona o controle sobre os equipamentos previamente definidos e que estão conectados aos dispositivos *ZigBee* com o auxílio de uma placa de interfaceamento universal especialmente desenvolvida para este projeto. Através de uma página *web* criada com requisitos específicos, é possível verificar ou alterar o estado dos equipamentos conectados à rede, podendo desta forma escolher qual o tipo de ação executar através desta interface remota.

Como maior motivação para este projeto destaca-se a possibilidade de implementar um sistema de controle e monitoramento residencial eficiente e de baixo custo, totalmente desenvolvido de acordo com os requisitos e preferência do próprio desenvolvedor. Adicionalmente, como ferramenta complementar do trabalho, foi desenvolvido um *software* de integração simplificado para que o controle e o gerenciamento do *hardware* implementado possam ser realizados através de um terminal remoto, utilizando as mais diversas tecnologias de comunicação disponíveis. A interface de *software* opera através de comando enviados diretamente pelo usuário, podendo controlar todos os dispositivos conectados nesta interface e proporcionando a possibilidade de realizar futuros *upgrades* ou expansões caso sejam necessários.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre as inúmeras tecnologias emergentes disponíveis no mercado atual, o interesse em sistemas de automação residencial vem se multiplicando de forma acelerada. Esta tecnologia permite ao usuário a gestão de recursos habitacionais com maior comodidade, conforto e segurança, incrementando a qualidade de vida.

Como a automação e monitoramento remoto não é mais uma exclusividade de ambientes industriais, a utilização residencial permite de forma simples verificar o estado de equipamentos conectados na rede em tempo real, como por exemplo, visualizar se os portões estão trancados ou se as luzes externas estão acesas.

Priorizando a automação de equipamentos tradicionais para a melhoria do conforto e segurança familiar, esse projeto visa à utilização de uma tecnologia de comunicação de baixo custo e alta eficiência. Para diminuição dos custos, o projeto se baseia na comunicação sem fio e sem infraestrutura de rede através da utilização das funcionalidades da rede adaptativa *mesh* dos dispositivos *ZigBee*.

Neste projeto estão sendo avaliadas as tecnologias e ferramentas para implementar uma interface de controle e monitoramento de residências, com a possibilidade de verificação e acionamento de diversas funcionalidades de forma remota através de uma página *web* especialmente desenvolvida para esta aplicação. Para a montagem das interfaces de *hardware* e de *software* propostas neste trabalho, foram realizadas diversas pesquisas bibliográficas para a elaboração de um referencial teórico sobre cada dispositivo, funcionalidade ou tecnologia.

1.1. Desenvolvimento da interface de *hardware*.

Para a implementação prática deste projeto de automação residencial com baixo custo foi necessária a elaboração e montagem de uma interface de *hardware* que possua a capacidade de reunir diferentes tecnologias, diferentes níveis de tensão e corrente e locais de instalação, com o sistema de comunicação de dados, para prover o *status* destes dispositivos em tempo real e também realizar o acionamento dos mesmos de forma remota. Esta interface de *hardware* demandou muitos recursos deste projeto, principalmente de tempo, e desta forma suas descrições com os seus respectivos princípios de operação estão sendo bem detalhados para um melhor entendimento do processo como um todo.

Conforme já foi problematizado anteriormente, este sistema desenvolvido para a automação residencial precisa operar com diferentes sistemas de monitoramento e de acionamentos da forma mais universal possível. Para reduzir custos com portas I/O de tensão em níveis TTL e limites de correntes transformadas para *probes* universais de tensão variáveis de acordo com a aplicação, foram montadas interfaces de potência baseadas em acionamentos de relés de dois estados, onde a carga e as tensões ou tipos de acionamentos podem ser individualizados e independem dos níveis lógicos da automação. Como este dispositivo foi uma das peças chaves para a implementação desta interface universal com baixo custo de desenvolvimento, está sendo detalhado de forma mais específica o seu funcionamento, limites de operação e capacidades de adaptação e versatilidade.

1.1.1. Acionamento de dispositivos estáticos – Relés de acionamento de dois estados.

Um relé tem como função básica o poder de ligar e desligar chaves. Eles são acionados quando uma corrente elétrica os energiza e mecanicamente ativa os seus contatos. As aplicações mais comuns para relés são na atuação de circuitos externos, como por exemplo, ligar ou desligar lâmpadas ou outros dispositivos, abrir e fechar portões e portas, entre outras aplicações.

Na Figura 1 tem-se sua estrutura simplificada mostrando os terminais de contato, os terminais de sua bobina e sua armadura que vai abrir ou fechar os contatos quando aplicada alguma corrente a bobina.

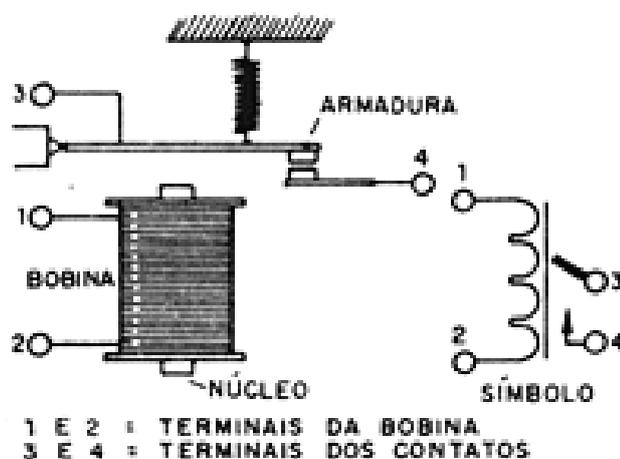


Figura 1 – Princípio de funcionamento de um relé de dois estados.

Fonte: <http://www.metaltex.com.br/tudosobrerelés/tudo1.asp>

Segundo Braga (2010), pode-se afirmar que os relés estão energizados quando estão sendo percorridos por uma corrente elétrica através de sua bobina, ativando seus contatos, e estão desenergizados quando nenhuma corrente está circulando através de sua bobina.

O circuito da Figura 2 apresenta o funcionamento básico de um relé sendo aplicado em circuito externo, que no caso representado é de uma lâmpada.

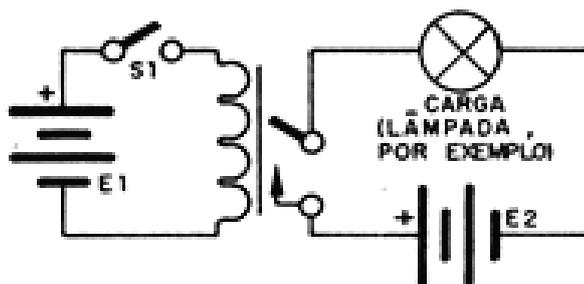


Figura 2 – Operação básica de um relé de dois estados conectado em uma carga.
Fonte: <http://www.metaltex.com.br/tudosobredeles/tudo1.asp>

Especialmente para este projeto, os relés possuem características especiais para as diversas aplicações. Observa-se principalmente a capacidade que ele possui de ser energizado com tensões e correntes muito pequenas em relação as do circuito desenvolvido neste projeto, podendo assim controlar circuitos com correntes muito elevada como lâmpadas e portões eletrônicos. Outra característica que pode-se considerar bem importante é a segurança de seu circuito muito bem isolado, não existindo nenhum tipo de contato elétrico entre a sua bobina e o circuito do relé, permitindo que se possa controlar circuitos com altas tensões.

1.1.2. Aplicação dos relés no projeto.

É preciso tomar alguns cuidados e levar em considerações alguns aspectos construtivos antes de utilizar um relé para proporcionar maior durabilidade ou oferecer mais segurança aos circuitos de acionamento que estão sendo desenvolvidos no projeto.

Para garantir a maior segurança no circuito implementado, ao desenergizar o relé surge uma tensão de polaridade oposta àquela que criou o campo magnético que pode chegar altos níveis de tensão. Se o componente escolhido não estiver preparado para receber tal valor de tensão sem uma proteção adequada o componente certamente irá ser danificado. Uma forma de eliminar este tipo de problema é colocar um diodo no circuito em paralelo com a

bobina. O diodo absorve esta energia, impedindo que o componente seja afetado pela alta tensão no momento do desligamento da bobina. Outra forma de poder fazer esta proteção é utilizando um varistor (VDR), que absorve a corrente instantânea do relé diminuindo os riscos de causar problemas aos componentes de disparo.

Como neste circuito de interface a tensão da bobina do relé é muito superior ao nível de saída do sinal do acionador, estão sendo utilizados transistores do modelo BC 547 como driver de tensão para os níveis de aterramento da energia da fonte, e este faíscaamento de desenergização da bobina do relé imediatamente danificaria este transistor. Desta forma são alguns métodos apresentados que podem aumentar a durabilidade do circuito, pois com esses cuidados evita a queima dos componentes sendo por altas tensões ou correntes como também por algum tipo de faíscaamento que poderia queimar os contatos do relé.

Na Figura 3 estão sendo apresentadas a configuração de utilização de um relé de bobina com a proteção contra faíscaamento através de um diodo em paralelo com a bobina, e também o modelo de mini relé que está sendo utilizado na placa de interface de *hardware* desenvolvida. Observa-se que este modelo foi escolhido devido à sua versatilidade e compatibilidade de acionamento de todos os dispositivos que se pretende instrumentar neste projeto. Eles possuem pequenas dimensões físicas, o nível de ruído é muito baixo, a bobina de acionamento funciona com 12 V_{DC} e tensão de isolamento de contatos de mais de 250 V_{CA}, com 10 A de corrente máxima. É evidente que quanto maior for a corrente utilizada nos contatos menor será sua vida útil, mas sua reposição é relativamente simples nesta interface.

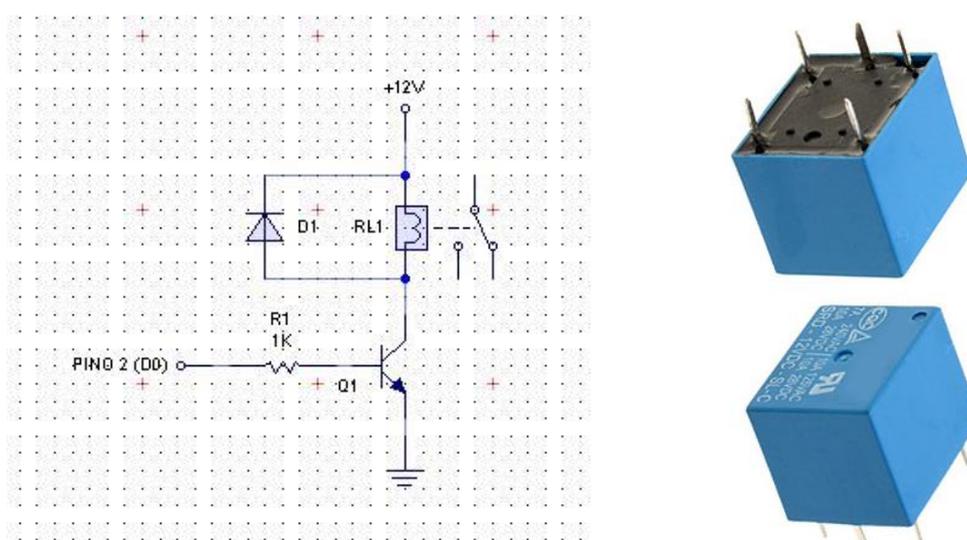


Figura 3 – Princípio de funcionamento de um relé de dois estados.
Fonte: <http://www.metaltex.com.br/tudosobrerelés/tudo1.asp>

1.1.3. Acionamento e controle de acessos – Portão eletrônico.

A estrutura de um portão pode ter várias formas conforme demonstrado na Figura 4, sendo as mais comuns são os basculantes, deslizantes e pivotentes. A estrutura no qual serão realizados os testes será em um portão deslizante, mas este movimento não é relevante ao projeto. É importante definir como a interface de *hardware* pode ser integrada no atual controle remoto do portão que se pretende instrumentar.



Figura 4 – Exemplos de tipos de configuração e abertura de portões eletrônicos.

Fonte: <http://portaoeletronicoservicos.blogspot.com.br/2013/05/portao-eletronico-como-instalar.html>

Em geral os portões possuem muitas variações em relação ao seu formato ou tipo de abertura, mas seu funcionamento da parte automatizada é muito simples, onde em geral possuem um motor e uma placa de comando, e toda a vez for dado o comando de acionamento através do controle remoto o portão recebe esta informação e aciona um relé de dois estados exatamente igual ao que se está sendo utilizado neste projeto. Desta forma, a integração do sistema de automação residencial com o controle manual do portão eletrônico será realizada de forma paralela, podendo ser acionado das duas formas.

1.1.4. Especificações técnicas para a interface.

O motor que o portão utiliza é um motor monofásico da marca VOGES de potência de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ CV utilizando uma tensão de 220 V_{CA}, com dimensões de aproximadamente 4 metros de vão, uma placa de comando embutida e um controle remoto de acionamento do portão.

Em geral utilizam-se baixas frequências para o acionamento de um portão eletrônico através de um controle remoto. Segundo Pizutti (2013), como baixas frequências utilizadas nos controles remotos encontram-se 280, 292, 299, 315 e 433 MHz. Estes sistemas operam através do envio de sinais de rádio codificados durante a transmissão.

Ainda segundo Pizutti (2013), estes códigos são formados trens de pulso intercalados por intervalos sem transmissão, para fornecer o devido balizamento necessário de reconhecimento do início e fim de cada requisição enviada ao receptor. No portão fica instalado o receptor das ondas de rádio, e quando o código for reconhecido o portão será acionado através de um relé semelhante ao deste projeto. A conexão da interface de *hardware* especialmente desenvolvida foi realizada em paralelo com o relé de acionamento do motor do portão.

Existem diversos fatores ainda que podem interferir na transmissão e recepção do sinal, sendo eles a instabilidade da tensão no transmissor, interferência eletromagnética, reflexões no ambiente entre outras diversas condições que podem acarretar na perda de qualidade do sinal.

1.1.5. Controle da iluminação.

Para o controle da iluminação, o acionamento está sendo realizado por outro relé de dois estados na forma de uma chave de luz comum, energizando o terminal comum do relé com um pólo da rede de energia elétrica e no contato NA deste mesmo relé está sendo conectado na respectiva lâmpada. Através da interface *web* é possível acionar de forma automática esta lâmpada, oferecendo um grau de segurança maior para a residência quando não estiver ninguém em casa. Muitos oportunistas podem monitorar os ambientes sozinhos e efetuar delitos quando percebem a ausência dos moradores. Neste caso as lâmpadas podem ser acionadas de forma aleatória em intervalos de tempo ou pela presença de movimento, simulando alguém na residência. Outro indicador de ausência de moradores são as luzes externas acesas todo o dia,

que demonstra que não existe ninguém no controle. Estas lâmpadas também podem ser controladas de forma automática no caso de seleção por horário específico do dia através do relógio interno do servidor que armazena o *software* de controle ou por monitoramento de luminosidade do ambiente

1.1.6. Fechadura eletrônica do portão de pedestres.

Para o acionamento automático do portão de pedestres, assim como o próprio acesso ao interior da residência, está sendo implementada a instalação de um modelo de fechadura eletrônica conforme demonstrado na Figura 5, também conhecido como fecho eletrônico, que é um equipamento com a tecnologia necessária para fornecer mais segurança e conforto para o acesso. Este tipo de fechadura necessita apenas um curto nos terminais de entrada para que seja acionada uma bobina que destrava a porta. Como vantagem na utilização, é importante observar que este sistema de automação de acesso é adquirido pronto, então é possível acioná-la de forma simples de qualquer lugar. Mais uma vez seu acionamento vai ser possível através da interface de *hardware* desenvolvido ou através do controle manual. Para esta funcionalidade o usuário necessita apenas ter o acesso por algum aparelho de celular ou computador que tenha conexão com a internet para conectar na página *web* de controle, ou simplesmente utilizar algum interruptor que esteja instalado dentro da própria residência.



Figura 5 – Fechadura ou fecho eletrônico de controle de acesso.
Fonte: <http://www.hdl.com.br/produtos/fechaduras>

1.2. Tecnologia de comunicação de dados - *ZigBee*.

Foram realizados estudos para estabelecer uma análise detalhada de todos os equipamentos que foram utilizados no sistema de monitoramento residencial, verificando suas características e viabilidade financeira. Um dos pontos principais no desenvolvimento deste projeto foram a utilização de equipamentos com um bom desempenho e confiabilidade para o gerenciamento de todas as atividades que estão sendo desenvolvidas, respeitando o baixo custo de sua implementação e as facilidades de integração com o sistema de controle.

Segundo a *Aliança ZigBee*, esta tecnologia foi definida como sendo um padrão de comunicação sem fio (*wireless*), com objetivo de fornecer uma opção de uma rede de automação com baixas taxas de dados e processamento, mas com grande autonomia de operação. Foi desenvolvido especificamente para aplicações de baixo consumo de energia (baterias). Esta tecnologia é indicada, por exemplo, para aplicações em sensores de diversos tipos utilizados em processos de automação industrial (ZIGBEE ALLIANCE, 2007).

Santos afirma que estes dispositivos são desenvolvidos para servir de alternativa de comunicação simples para automações de soluções não complexas, tornando-se viável para aplicações de baixo custo como sensoriamento. O protocolo *ZigBee* utiliza o padrão IEEE 802.15.4, onde a camada física foi desenvolvida em um elevado nível de integração permitindo uma maior simplicidade nos equipamentos (SANTOS, 2014).

Tendo em vista estas características específicas da tecnologia *ZigBee*, foram adquiridos os seguintes dispositivos: um adaptador *Com-USBBee XPlus*, dois módulos *XBee ZB XB24-z7WIT-004*, dois adaptadores *ProtoBee*, quatro câmeras Sony modelo *Alartec DVR*, uma fechadura eletrônica, fontes de alimentação, doze relés, e componentes eletrônicos variados. Na sequência foi criada uma placa de circuito impresso para ligação dos módulos *ZB XB24-z7WIT-004*. A Figura 6 apresenta alguns modelos de módulos *ZigBee*.

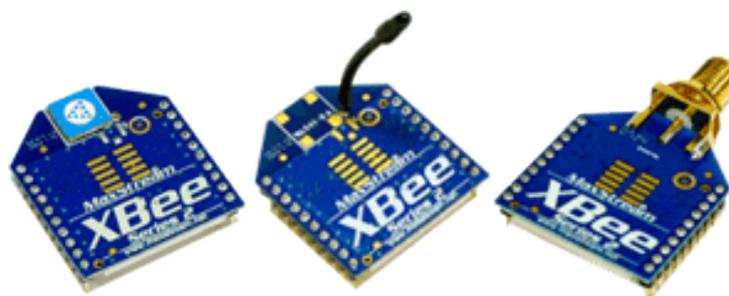


Figura 6 – Exemplos de módulos com tecnologia *ZigBee*.

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

Estes módulos que foram adquiridos possuem as características mais importantes e apropriadas para este projeto, pois fornecem todas as funcionalidades de rede e interfaceamento I/O através de uma rede com especificações industriais sem fio. Através desta tecnologia de comunicação *ZigBee* todos os comandos e sinais de monitoramento são enviados para a central de controle e os dispositivos instrumentados. De forma resumida os módulos *ZigBee* possuem as seguintes características:

- Opera com baixas tensões e baixas correntes.
- Tensão de alimentação de 3,0 a 3,6 V
- Corrente necessária na transmissão de até 260 mA;
- Corrente necessária na recepção de 140 mA;
- Possui interface simplificada com 11 portas de entradas e saídas I/O;
- Pode ser configurado para operação autônoma ou sob demanda, tanto por comandos AT em modo transparente como pacotes de dados, direto pelo console do *software X-CTU*;
- Possui o modo de operação API, onde são gerados os *frames* que enviam os comandos para os respectivos dispositivos;
- Quanto a sua segurança possui criptografia WPA-PSK, WPA2-PSK e WEP;
- Possuem 14 canais de operação;
- Frequência de operação na faixa de ISM em 2,4 GHz;
- Alcance máximo em área internas ou urbanas de 100 m;
- Alcance em linha de visada (em campo aberto) de 3,2 km;

Estas são apenas algumas das características mais importantes que pode-se citar destes dispositivos. No desenvolvimento deste trabalho são apresentadas de forma mais detalhada outras características de rede e operação destes módulos utilizados, pois eles são os dispositivos principais para a correta operação e sucesso de todo o sistema de monitoramento e controle de ambientes residenciais. Baseado nesta tecnologia de acesso aos dispositivos instrumentados pela residência e na rede de dados para o acesso remoto, está sendo apresentada a programação da interface *web* para que este sistema possa ser operado através de comandos remotos diretamente enviados ao servidor utilizado.

Para a conexão dos pontos monitorados com este módulo foi desenvolvida uma interface de circuito impresso, mas como a pinagem do mesmo possui um padrão de *pitch 2,0*, foram utilizados módulos de conversão comerciais do modelo *Com-USBEE*.

1.2.1. Adaptador modelo *ComUSBEE* para interface USB.

A necessidade de conectar o módulo *ZigBee* ao computador que servirá de servidor do *software* de acesso *web*, para que o mesmo possa receber os respectivos comandos de configuração e operação, está sendo realizada através da utilização de um módulo comercial conhecido como adaptador *Com-USBEE XPlus*, que possui algumas características que o tornam ideais para o desenvolvimento das aplicações neste projeto, que são:

- Facilidade de conexão direta nas portas USB por ter o estilo *Pen Drive*, que facilita muito a conexão com um computador moderno;
- Compatível com o *software X-CTU*, onde estão sendo realizados os primeiros testes de comandos e as configurações necessárias nos módulos *ZigBee*;
- Conversão da interface Serial de 3,3 V do módulo *XBee/XBee-Pro* para USB 5,0 V;
- Grava e atualiza os *firmwares* de vários modelos de *XBee/XBee-Pro*;
- Pode ser utilizado também como interface entre um aplicativo específico em uma rede de módulos *XBee/XBee-Pro*. Esta é uma característica muito importante, pois é com ele que foi desenvolvido o *software* da página *web*;
- Compatível com *Windows 7* (32 e 64 bits) e *Windows 8*;
- Faz coleta de dados ou envia comandos através dos módulos remotos;

Para a instalação e utilização necessita apenas instalar o *driver* USB que acompanha o dispositivo e em seguida conectar o adaptador na porta USB do computador. Desta forma é criada uma nova conexão porta COMx virtual, o que possibilita o desenvolvimento do *software* para a comunicação com o adaptador como se fosse pela porta serial RS232. Na Figura 7 é demonstrado um módulo *Com-USBEE Xplus*.



Figura 7 – Módulo de conexão do *XBee/XBee-Pro* com a USB do computador.
Fonte: <http://www.rogercom.com/>

1.2.2. Adaptador de pinagem modelo *ProtoBee*.

Com o tempo reduzido para desenvolvimentos de *hardware* e dificuldade de aquisição de *sockets* no padrão *ZigBee*, foram adquiridos os módulos *ProtoBee* conforme a Figura 8.

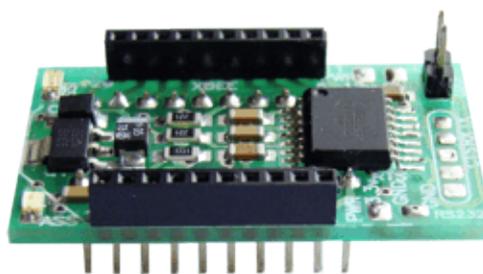


Figura 8 – Adaptador do padrão de pinagem *ZigBee ProtoBee*.
Fonte: <http://www.rogercom.com/>

Este módulo da Figura 9 foi adquirido para simplificar a conexão do módulo *ZigBee* com a placa de interface de *hardware*. Este módulo pode facilmente adaptar a furação do *ZigBee* na matriz de contatos que foi desenvolvida, facilitando a interconexão com outros componentes que estejam ligados nela. Algumas de suas características são:

- Compatível com módulos *XBee* e *XBee-Pro*;
- Capacidade de regular a tensão em 3,3 volts;
- A comunicação é realizada pela interface padrão RS232;

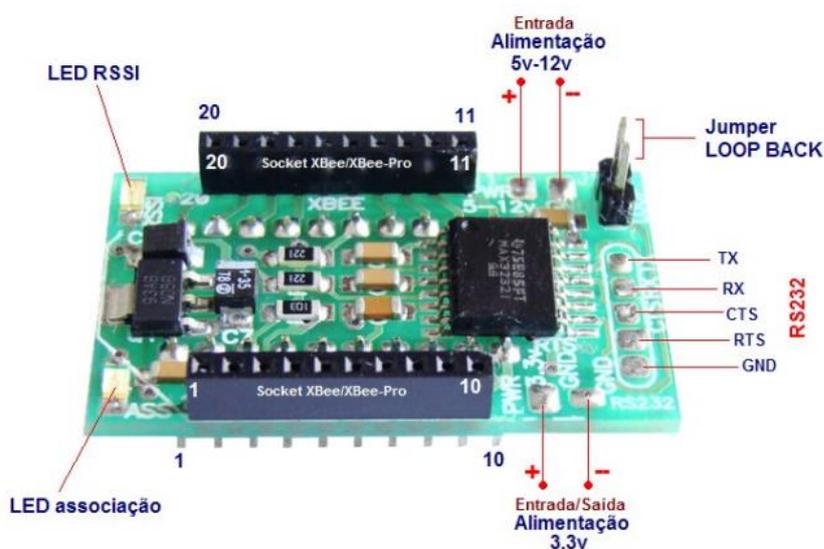


Figura 9 – Funções e facilidades dos módulos de adaptação *ProtoBee*.
Fonte: <http://www.rogercom.com/produos/placaproto-bee/manualproto-bee.pdf>

A operação destes adaptadores fornecidos pela empresa Rogercom é direta e de simples aplicação, oferecendo todas as funcionalidades de uma conexão direta na placa desenvolvida. Do ponto de vista da usabilidade destaca-se:

- Seu funcionamento é relativamente direto, necessitando apenas conectar o módulo *ZigBee* no adaptador *ProtoBee* que todas as funções estarão disponíveis;
- O *LED* RSSI indica quando houve recebimento de dados e ainda indica se o sinal está adequado para estabelecer comunicação;
- O *LED* Associado indica se módulo *ZigBee* está associado a uma rede *ZigBee*, permanecendo intermitente;

1.3. Especificações da rede de dados e comunicação – Tecnologia *ZigBee*.

Com a crescente expansão das redes sem fio, torna-se cada vez mais viável a utilização de redes *wireless* para a interconexão de dispositivos sem que haja grandes estruturas de cabeamento, mas que ofereçam os mesmos serviços. Buscando maior simplicidade na comunicação de redes sem fio surgiu então um padrão *ZigBee*, que segundo (TEIXEIRA, L. M. 2006), foi homologado para utilização em maio de 2003, para ser utilizado em sistemas de automação industrial e residencial, sensores, controle de periféricos e *hardware* para computadores, controle remoto de equipamentos eletrônicos, entre outros.

O padrão *ZigBee* é uma tecnologia para a comunicação de diferentes dispositivos via *wireless*, que foi desenvolvida para atender as necessidades de redes que priorizem o baixo consumo de energia com baixo custo. Desenvolvida pela *ZigBee Alliance*, a tecnologia utiliza o padrão IEEE 802.15.4 e funciona nas frequências 868 MHz, operando com 1 canal e taxa de transmissão de 20 kbps, 915 MHz operando com 10 canais e taxa de transmissão de 40 kbps, e 2,4 GHz, operando com 16 canais e taxa de transmissão de até 250 kbps. É uma tecnologia fácil de implementar neste projeto e pode ser utilizada em praticamente qualquer ambiente.

Esta tecnologia se adapta muito bem para quem procura realizar o controle de diferentes dispositivos conectados na rede, como aquecedores, eletrodomésticos, travas magnéticas, lâmpadas, portões eletrônicos etc. Este padrão pode suportar muitos dispositivos conectados em uma única rede, sendo possível mais de 65.000 nós de rede conectados a ele, suportando ainda as topologias de redes de estrela, cluster e *mesh*.

1.3.1. Interface da entrada e saída (I/O) dos módulos *ZigBee*.

Como pode-se observar, na tabela 1 estão descritos de forma simplificada todos os pinos dos módulos *ZigBee* comerciais da marca Digi, apresentando suas respectivas funções no referido funcionamento.

Tabela 1 – Descrição da pinagem dos módulos *ZigBee* e suas funções.

PINO #	NOME	DIREÇÃO	DESCRIÇÃO
1	VCC	-	Alimentação 3,3 V
2	DOUT	Saída	Saída de dados da UART
3	DIN/	Entrada/Saída	Entrada de dados da UART
4	DO8*	Saída	Saída digital 8
5	Reset	Entrada	Inicializa módulo (um pulso nível 0 de pelo menos 200 ms)
6	PWM0/RSSI	Saída	Saída do PWM 0/ indicador de força do sinal de RF
7	PWM1	Saída	Saída do PWM 1
8	(Reservado)	-	Ainda não tem uma função definida
9	/SLEEP_IRQ/DI8	Entrada	Linha de controle da função <i>sleep</i> ou entrada digital 8.
10	GND	-	Terra
11	AD4/DIO4	Entrada/Saída	Entrada analógica 4 ou entrada/saída digital 4
12	/DIO7	Entrada/Saída	Controle do fluxo CTS ou entrada / saída digital 7
13	ON/SLEEP	Saída	Indicador de estado do módulo
14	VREF	Entrada	Voltagem de referência para as entradas A/D
15	Associação/AD5/DIO5	Entrada/Saída	Indicador de associação, entrada analógica 5 ou entrada/saída digital 5
16	/AD6/DIO6	Entrada/Saída	Controle de fluxo RTS, entrada analógica 6 ou entrada/saída digital 6
17	AD3/DIO3	Entrada/Saída	Entrada analógica 3 ou entrada/saída digital 3
18	AD2/DIO2	Entrada/Saída	Entrada analógica 2 ou entrada/saída digital 2
19	AD1/DIO1	Entrada/Saída	Entrada analógica 1 ou entrada/saída digital 1
20	AD0/DIO0	Entrada/Saída	Entrada analógica 0 ou entrada/saída digital 0

Fonte: <http://jameestressei.blogspot.com.br/2011/08/tentando-aprender-configurar-e-usar-os.html>

1.3.2. Configuração das funcionalidades do padrão *ZigBee*

Para utilizar os módulos *ZigBee*, é necessário realizar a configuração de cada uma das portas, que é feita através do *software X-CTU*, disponibilizado gratuitamente pela *Digi*. A comunicação com os módulos e o computador é realizada através do cabo serial RS232.

Através deste *software* pode-se realizar as configurações para estabelecer a comunicação entre os dispositivos, que pode ser feita pelo modo API ou por comandos AT. A Figura 10 demonstra a tela inicial do *software X-CTU*.

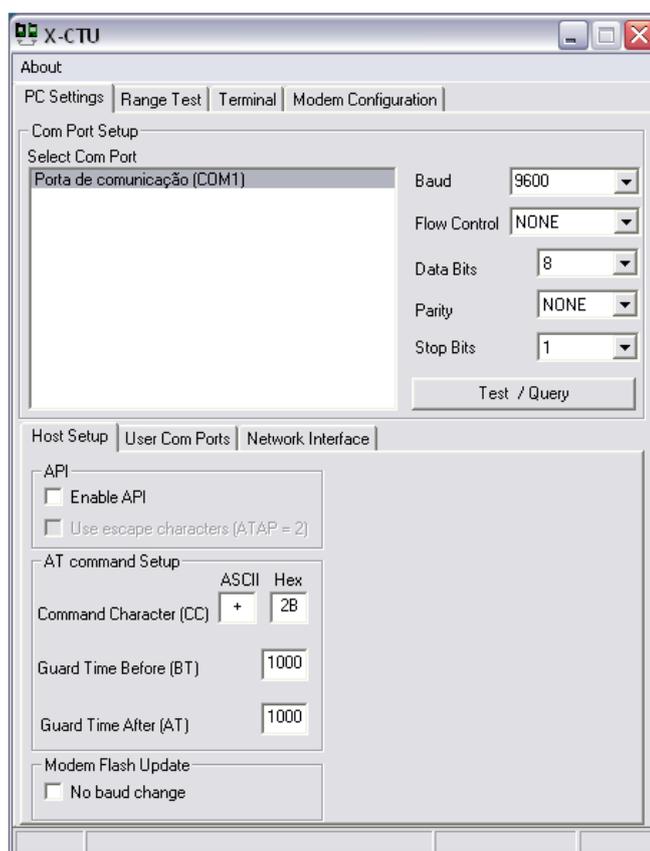


Figura 10 – Tela inicial do *software X-CTU*.

Fonte: Leandro R. Alves.

1.3.3. Modo de operação API (*Application Programming Interface*).

Neste modo de operação dos módulos *ZigBee*, a operação não é mais considerada transparente pela porta serial, e os comandos são baseados em *frames*, ou seja, a definição do estado ou da operação dos dispositivos está contido em quadros, que segundo Gomes (2013), são pacotes de dados hexadecimais enviados pela rede de comunicação *wireless* que possuem

a estrutura definida pela *Aliança ZigBee*, apresentando um delimitador de início, o tamanho do pacote, o endereço, os dados propriamente ditos, um *checksum* de verificação, entre outros.

O modo API possui a vantagem de proporcionar a configuração dos módulos utilizados sem a necessidade de entrar no modo de comando, mas por outro lado, sua programação apresentar uma relativa complexidade. No modo API, pode-se transmitir os dados para diversos dispositivos simultaneamente com o incremento do endereço de fonte, do destino, do nome em ASCII do nó, entre outros parâmetros. A Figura 11 ilustra a estrutura de uma *frame* juntamente com um exemplo de utilização na Figura 12.

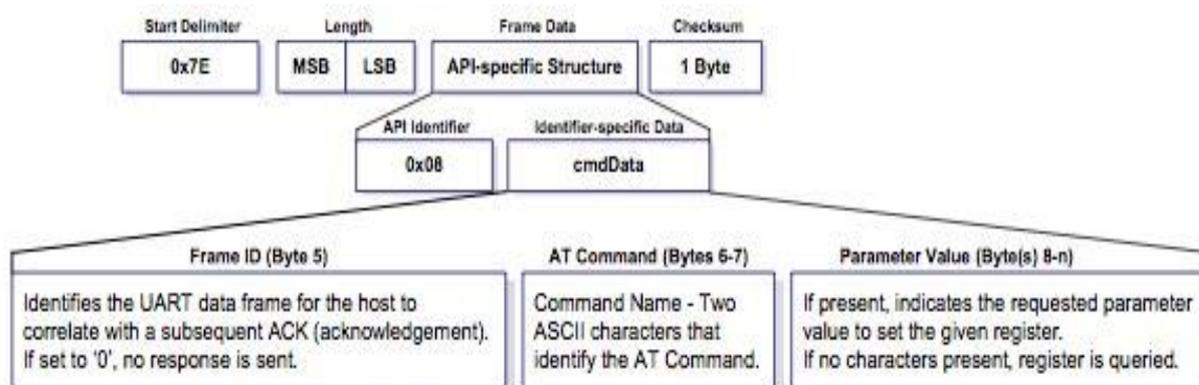


Figura 11 – Estrutura do *frame* API.
Fonte: Laguna,R.(2009).

```

7e 00 04 08 52 4d 59 ff
7E      : API Frame
00 02   : Length
08      : AT Command Frame id
52      : Frame id
4d 59   : MY (4d => M, 59 => Y) Get the 16-bit network address of the module.
ff      : checksum ff = ff - ((08+52+4d+59) & ff)

```

Figura 12 – Exemplo de um *frame* API.
Fonte: Laguna,R.(2009).

Segundo Fernades (2012), quando se está operando no modo API, a programação dos dispositivos *ZigBee* é realizada no nível da camada de aplicação, que pode criar os respectivos quadros de dados, contendo os endereços e identificadores, simplificando o desenvolvimento do *software* para a utilização nas aplicações do projeto (FERNANDES, 2012).

1.3.4. Segurança de acesso e criptografia.

É importante observar que para a implementação real deste projeto em um ambiente residencial, deve-se tomar todas as precauções possível para evitar invasões ou ataques maliciosos ao sistema, tornando o ambiente monitorado vulnerável a ações de criminosos. Desta forma, estão sendo implementados todos os tipos de segurança de autenticação ou decodificação de dados, tornando o sistema mais protegido. No campo do *ZigBee*, para a proteção dos dados são atribuídas diferentes PAN ID, frequências e criptografia dos dados.

A IEEE 802.15.4 adicionou nas especificações da norma a proposta de adoção de um algoritmo de segurança para a tecnologia *ZigBee* simplificado para utilização na camada de enlace. Esta proposta foi baseada no algoritmo de roteamento AODV simplificado (*Ad-hoc On-demand Distance Vector*). Para fornecer a devida segurança a camada MAC implementa o padrão AES (*Advanced Encryption Standard*) como algoritmo de criptografia. Este padrão fornece diversas rotinas específicas com objetivo de oferecer alta privacidade, integridade e autenticidade dos quadros de dados da rede sem fio.

Neste projeto buscou-se definir uma interface de *hardware* universal, ou seja, com a capacidade de ser flexível aos diferentes tipos de dispositivos e fluxo de dados da rede, garantindo o envio destas informações em tempo real. Diferentes dispositivos possuem diferentes requisições temporais, e este comportamento temporal pode ser classificado basicamente como periódicos, esporádicas ou aperiódicos.

Vasques (2010) complementa que a segurança por criptografia baseada na utilização do algoritmo AES pela camada de enlace é obtida a partir da troca de um *bit* no cabeçalho do pacote de dados. Este *bit* será configurado no cabeçalho do *frame* de dados sempre que for requisitado o uso desta segurança. Desta forma, a camada de enlace adiciona ao *frame* o chamado “Cabeçalho Auxiliar de Segurança”, que define o tipo de segurança adotada, também chamado de *Security Control*. Adicionalmente ela ainda possui o “Contador de *Frames*” que fornece a garantia de integridade e autenticação dos dados e armazena a “Chave” (*Key Identifier*) de 128 *bits*, utilizada para decodificação. (VASQUES, 2010).

De acordo com Kinney (2003), de acordo com as requisições temporais, cada receptor deve estar apto para receber e interpretar uma grande variedade de tipos de pacotes. Kinney cita um exemplo onde foi definida a necessidade de integridade na chegada dos dados da rede, então a camada de enlace terá que decodificar a chave que foi enviada. Esta chave foi definida através da composição do cabeçalho gerado e do *payload* referente aos dados propriamente ditos. Este

código formado é chamado de MIC (*Message Integrity Code*), podendo da mesma forma ser definida a necessidade de utilizar mais complexidade nas chaves para se manter uma alta confidencialidade das informações na rede. Embora não seja um problema para as distâncias envolvidas neste projeto, é importante observar que esta facilidade da camada MAC só admite um salto na rede, então para distâncias maiores deve-se implementar a segurança nas camadas superiores (KINNEY, 2003).

1.4. Servidor *web* e aplicações.

Para possibilitar a liberdade de monitorar e controlar todos os dispositivos remotamente, de qualquer local, é necessário desenvolver uma aplicação *web* que disponibilize todos os serviços essenciais para que o projeto esteja funcionando como uma arquitetura cliente-servidor, onde o usuário vai ser o cliente solicitando os serviços ao servidor de dados *web*. Para Teixeira (2004), os clientes determinam a operação do sistema de forma remota através de um servidor *web*, que fica permanentemente aguardando por essas requisições, conforme pode ser visualizado na Figura 13.

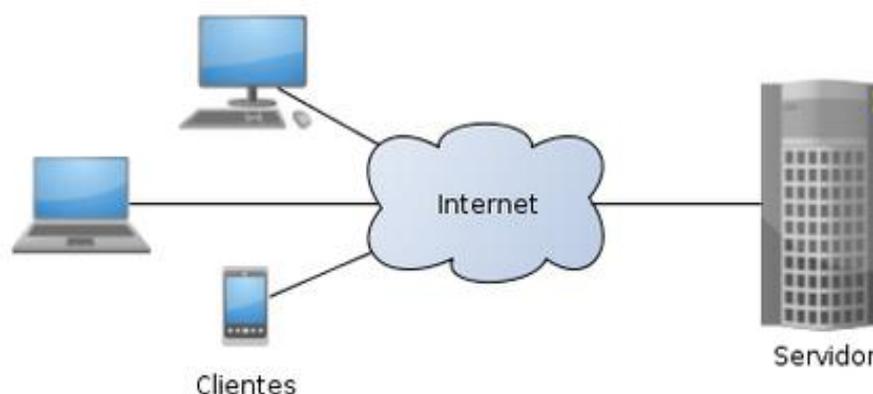


Figura 13 – Exemplo de servidor *web* aguardando solicitações de clientes.
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cliente-servidor>

1.4.1. Linguagem de programação.

A linguagem de programação escolhida para o desenvolvimento da interface *web* foi a PHP, por ser uma linguagem de mais fácil aprendizagem e ampla utilização para o

desenvolvimento de aplicações *web*. Algumas das principais vantagens do PHP é que ele é gratuito, pode ser introduzido em códigos HTML, possui portabilidade de sistemas, podendo ser executado em plataformas *Linux* e *Windows*, e principalmente por possuir uma biblioteca para o desenvolvimento de aplicações para o *ZigBee*.

Utilizado por uma grande parte dos usuários que programam para *web*, a linguagem PHP vem crescendo muito durante os anos por apresentar uma boa estabilidade e performance em suas aplicações, como também possuem uma ligação muito forte com o servidor *Apache*, que assim como a linguagem PHP, é de código fonte aberto, sendo disponibilizado gratuitamente pelo *Apache Software Foundation*.

1.4.2. Desenvolvimento do servidor de dados *web*.

O servidor utilizado para o desenvolvimento deste projeto foi o *Apache*, desenvolvido pela *Apache Foundation*, que inicialmente era composto por um grupo de apenas 8 desenvolvedores. Segundo a *Apache Software Foundation* (2014), o projeto atualmente está sendo desenvolvido em conjunto com diversos voluntários de todo o mundo, que fazem uso da Internet para o desenvolvimento do servidor e as respectivas documentações. Segundo Alecrim (2006), este servidor apresenta uma excelente performance, com segurança e compatibilidade. Sua primeira versão foi lançada no ano de 1995, sendo que a cada ano vem sofrendo modificações constantes enviadas pelos diversos colaboradores.

Entre outras características que pode-se citar sobre o servidor é que ele possui o seu código fonte aberto, podendo assim ser alterado e utilizado gratuitamente por qualquer usuário que tenha algum conhecimento no assunto. Adicionalmente ainda possui suas versões disponíveis tanto para os sistemas operacionais *Linux* quanto para o *Windows*, satisfazendo todos os tipos de necessidades.

Como já foi descrito anteriormente, este servidor *Apache* combina muito bem com os *softwares* desenvolvidos especialmente neste projeto na linguagem de programação PHP, oferecendo maior robustez e confiabilidade as aplicações.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

Este projeto foi desenvolvido na forma de etapas para contemplar um melhor controle do andamento segundo o cronograma proposto, e para manter a fluidez na execução das tarefas. Em um primeiro momento foram avaliados o problema proposto de automação residencial e a viabilidade do projeto com relação aos custos e a aplicabilidade. No segundo momento foram verificadas as tecnologias comerciais existentes e os respectivos materiais que foram utilizados no decorrer do projeto. Depois de concluídas estas etapas, foram iniciadas as montagens e adaptações em todos os dispositivos necessários que foram incluídos nos processos de automação da residência. Completando este projeto foi desenvolvida interface *web* de controle e monitoramento dos dispositivos instalados, com os respectivos ensaios em laboratório e no local da instalação. Estas etapas e as atividades necessárias para o desenvolvimento estão descritas a seguir:

I. A viabilidade técnica de sistema de automação:

Para o devido embasamento teórico deste projeto, foi realizado um estudo sobre as diversas tecnologias utilizadas em redes indústrias, onde encontram-se presentes as principais candidatas para o desenvolvimento deste trabalho. Dentre estas diversas tecnologias, foram analisados o funcionamento e o comportamento de dispositivos atuadores e sensores, com suas características específicas para que atendam aos requisitos necessários do projeto.

Nesta etapa também foram avaliadas as limitações ou restrições orçamentárias e de funcionalidade do sistema, principalmente considerando a aplicação prática do módulo de conexão desenvolvido e do *software* de controle, pois foram especificados para atender as demandas particulares de automação da residência do próprio desenvolvedor deste projeto.

II. Avaliação das tecnologias adequadas e materiais necessários

Diversas tecnologias modernas de comunicação de dados e materiais comerciais oferecem muitas vantagens e desvantagens na utilização para este projeto. Nesta etapa foram priorizadas todas as avaliações necessárias para determinar quais as tecnologias e produtos que poderiam ser incorporados ao trabalho com a maior eficiência possível, sendo definidas as premissas de especificação, montagem e operação do sistema,

III. Projeto e montagem de um protótipo para realização dos experimentos:

Nesta fase, para a implementação do projeto foi realizado um treinamento com um *software* para a criação do *layout* do circuito impresso que atendesse de forma eficaz os requisitos solicitados, para que houvesse uma compatibilidade dos produtos gerados a partir deste *software* com a ferramenta de fresagem de circuitos impressos. Para a conclusão deste processo foi necessário um detalhado estudo sobre eletrônica, pois foi preciso conectar os dispositivos físicos presentes no circuito da placa impressa através de trilhas de dados, sinais e energias diferentes. Da mesma forma nesta etapa, para a montagem do protótipo, foi realizada a aquisição de diversos componentes atuadores e sensores necessários para a confecção física da placa, sendo também adquiridos alguns dispositivos *ZigBee* e suas interfaces de programação e operação

IV. Desenvolvimento da interface *web* e realização dos ensaios:

Nesta última etapa do projeto foram realizadas as atividades referentes ao estudo e implementação das interfaces de *software* necessárias para o trabalho, com o intuito de promover um conhecimento sobre as linguagens de programação disponíveis na literatura, para que este aplicativo de acesso remoto via *web* possa atender os pré-requisitos necessários para a integração com todos os equipamentos que devem ser automatizados.

Concluindo as atividades foram realizadas as últimas montagens e integração entre os componentes, para viabilizar o desenvolvimento dos experimentos práticos. Inicialmente foi definida uma série de ensaios em laboratório, com objetivo de ajustar todos os componentes e *software*, verificando a operação de todos os dispositivos do circuito com as funcionalidades da ferramenta de *software* para o controle e monitoramento residencial.

2.1. Caracterização do ambiente para realização dos ensaios.

Para iniciar as atividades deste projeto foi necessário definir em um primeiro momento qual seria a dimensão e as principais características de automação que se desejava para a residência. Como ponto de partida foram selecionados diversos pontos de expectativa de automação, para realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica de implementação.

Como o objetivo deste projeto é fornecer além de segurança, também um certo grau de conforto e comodidade aos habitantes da residência.

Na Figura 14 pode-se observar uma visão da residência do ponto de vista externo, onde as marcações em vermelho sobre a imagem demonstram os pontos de monitoramento e controle através de uma interface *web*. Neste modelo, estão sendo instrumentadas duas lâmpadas de iluminação externas, o travamento ou destravamento do portão de pedestres, o acionamento do portão de veículos, o acionamento do portão da garagem do fundo e o monitoramento da porta de entrada principal da residência.



Figura 14 – Demonstração dos pontos de automação iniciais no projeto

O croqui apresentado na Figura 15 demonstra a planta situacional simplificada do ambiente residencial de instalação do sistema de monitoramento, com as suas respectivas dimensões, posicionamento dos objetos e afastamentos.

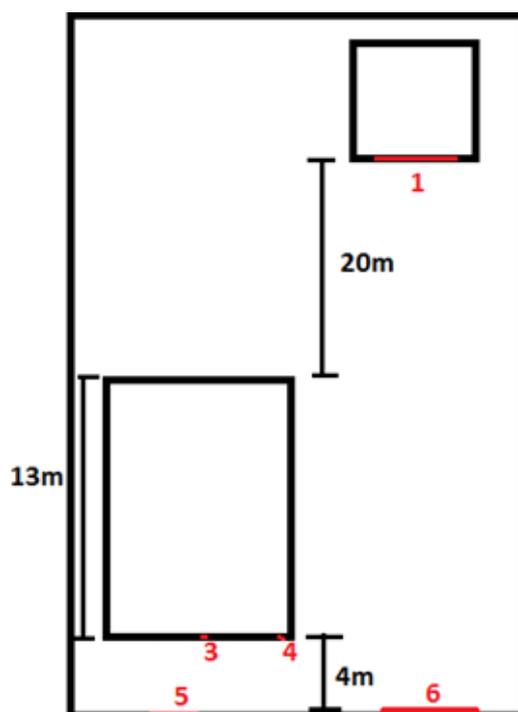


Figura 15 – Croqui do terreno com as distâncias aproximadas

Pode-se observar que embora as distâncias sejam relativamente pequenas na maioria dos pontos que se desejam instrumentar, nota-se a necessidade de interligação de alguns pontos mais distantes e sem uma conexão física apropriada. Para este tipo de automação foi selecionada uma tecnologia de comunicação de dados sem fio, mas que pudesse manter um padrão de segurança e confiabilidade de uma rede industrial normalmente utilizada em ambientes produtivos.

Nesta proposta de automação, o desenvolvedor definiu algumas premissas que permitem que o sistema implementado ofereça segurança e também comodidade aos habitantes do local, sem que interfira na utilização da residência em condições normais e com os seus acionamentos e interações no modo manual, com toda a autonomia de escolha garantida. Algumas dessas premissas e suas justificativas são:

- Automação de duas lâmpadas externas de forma independente: O acionamento destas lâmpadas de forma automática ou através da intervenção remota permitem oferecer um grau de segurança maior para a residência quando não estiver ninguém em casa. Muitos oportunistas podem monitorar os ambientes sozinhos e efetuar delitos quando percebem a ausência dos moradores. Neste caso as lâmpadas podem ser acionadas de forma aleatória em intervalos de tempo ou pela presença de movimento, simulando alguém na residência. Outro indicador de

ausência de moradores são as luzes externas acesas todo o dia, que demonstra que não existe ninguém no controle. Estas lâmpadas podem ser controladas de forma automática no caso de seleção por horário do servidor ou por monitoramento de luminosidade do ambiente.

- Controle do portão de pedestres: Neste caso, poder monitorar o status do portão, bem como trancar ou destrancar ele através de uma fechadura eletrônica pode aumentar a segurança e proporcionar um maior conforto. Por exemplo, no caso da diarista, ela pode sinalizar sua presença na residência e o usuário liberar, ou não, seu acesso para o interior do terreno, sem a necessidade de disponibilizar uma cópia da chave de entrada para ela.

- Porta de acesso ao interior da residência: Instrumentar esta porta para conhecer o seu *status* em tempo real e permitir a abertura da mesma também pode aumentar a segurança nos casos em que os habitantes não se encontram. De forma idêntica ao caso anterior, o usuário pode controlar a permissão de acesso de qualquer pessoa no interior da residência de forma remota através da interface *web* especialmente desenvolvida.

- Acionamento do portão de veículos: Assim como o portão de pedestres, pode autorizar ou não a entrada de pessoas ou veículos no interior do terreno através da abertura ou fechamento deste portão, que também pode ter seu *status* monitorado através da interface *web*.

- Portão da garagem do fundo do terreno: Para este portão eletrônico específico, o *software* desenvolvido poderá acionar de diversas forma, como imediatamente após abrir ou fechar o portão de veículos da rua, com um temporizador de acordo com o funcionamento do outro ou então de forma autônoma, no caso de controlar ele de forma manual.

- Concluindo o processo de automação, também foi planejada a integração das imagens das câmeras de segurança e as gravações do DVR (*Digital Video Recorder*) em uma janela específica da interface *web* de monitoramento e controle, com o intuito de fornecer informações visuais em caso de algum acionamento ou problema contatado.

2.2. Desenvolvimento prático do projeto

Para o desenvolvimento do projeto até o primeiro protótipo funcional, foi preciso disponibilizar algumas funcionalidades do sistema através do projeto e implementação de interfaces de utilização, tanto em *hardware* como em *software*, que estão sendo descritas com mais detalhes neste documento.

Para a implementação do *hardware* dedicado ao projeto, torna-se imprescindível conectar os dispositivos que se pretende instrumentar com os módulos de rede da tecnologia *ZigBee*. É evidente que estas interligações não são triviais e necessitam do desenvolvimento de uma interface específica para esta função. Com base nesta demanda, foram implementadas estas interfaces através da produção de placas de circuitos eletrônicos, que foram projetadas e montadas exclusivamente para este projeto. Esta implementação, sua montagem e a realização de testes experimentais em laboratório estão devidamente detalhados neste capítulo.

Da mesma forma que a interface de *hardware* foi desenvolvida, para o controle da mesma também foi necessário o desenvolvimento de uma interface de *software*, com a capacidade de controlar e gerenciar o funcionamento de todo o sistema de monitoramento de ambientes residenciais proposto. Complementando esta interface, também foi desenvolvido um servidor de dados que contém todas as informações de gerenciamento do sistema e disponibiliza estes dados em tempo real através de uma página *web* especialmente desenvolvida para o acesso remoto certificado. Este desenvolvimento e os ensaios realizados com o sistema operacional também estão descritos neste capítulo.

2.3. Desenvolvimento da interface de *hardware* do projeto

Conforme foi descrito anteriormente, a interface de *hardware* se torna necessária devido a demanda do sistema de interligar diferentes tecnologias de sensoriamento e acionamento de dispositivos de forma remota, operando através de comandos enviados por uma rede de dados segura com tecnologia de comunicação sem fio. Estes dispositivos operam com interfaces de conexão, tensões e correntes totalmente diferentes dos níveis de energia do sistema de rede sem fio utilizados neste projeto. Esta interface de *hardware* desenvolvida precisou ser projetada e desenvolvida com base em ferramentas de *software* específicas e conhecimentos de eletrônica adquiridos no decorrer do curso de redes.

2.3.1. *Software Eagle* – Projeto de placas de circuito impresso

Nesta parte específica do projeto foram desenvolvidas atividades relacionadas com a especificação, o projeto, a montagem e o funcionamento de uma interface de *hardware* compatível com todas as tecnologias de automação deste trabalho. Esta interface apresenta a

capacidade de interligar dispositivos físicos, tais como sensores, atuadores, dispositivos de entrada e saída (I/O), dentre outros, aptos para receber e enviar comando através de *frames* enviados por um *software* de controle.

Para o desenvolvimento foi preciso implementar uma placa de circuito impresso utilizando o *software Cadsoft Eagle Professional 7.1*, sendo que ele possibilita a criação de circuitos com acabamento profissional. O *software* possui versões gratuitas limitadas para testes e pequenas placas, o que vem chamando cada vez mais a atenção de profissionais e estudantes da área para a utilização em baixa escala. Em um breve resumo das facilidades, observa-se que ele possui em todas as suas versões três módulos distintos de projetos eletrônicos, sendo: o editor de diagramas (*schematic editor*), o editor de *layout* (*board editor*), e desenho automático das trilhas (*autorouter*).

a) Extensão *Schematic Editor*: Esta ferramenta apresenta os recursos para a elaboração do diagrama elétrico do circuito que está sendo desenvolvido através da simulação do mesmo, onde pode-se projetar como serão realizadas as conexões entre os dispositivos, quais deles podem ser utilizados (modelos em uma vasta biblioteca integrada com fabricantes, dimensões dos mesmos, pinagens, funções específicas, entre outros). Estas informações sobre os componentes que podem ser utilizados no projeto representam uma ferramenta de essencial importância na implementação, pois através dela é possível gerar o modelo inicial do *layout* da placa de circuito impresso pretendida, conforme pode ser visualizado na Figura 16.

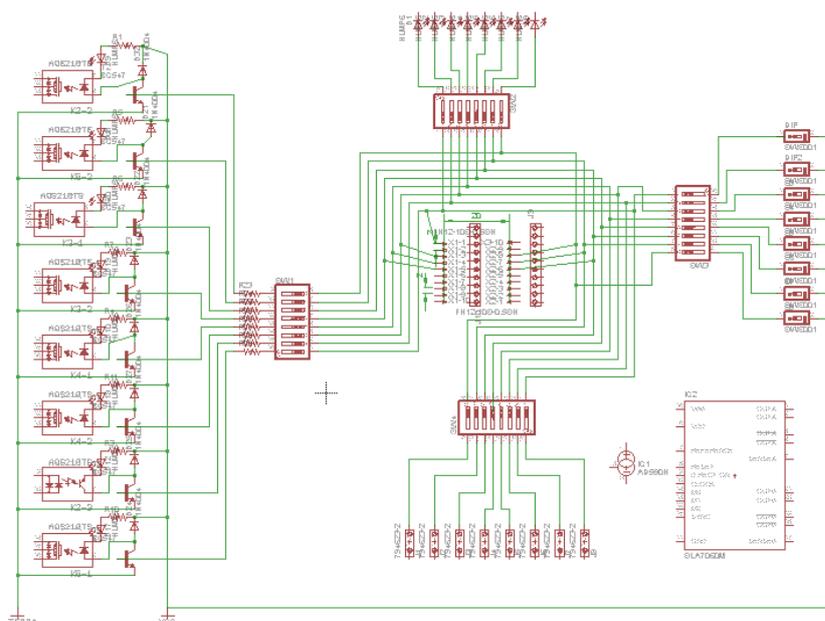


Figura 16 – Tela da extensão *Schematic Editor*

Fonte: [http:// www.cadeagle.com.br/site/](http://www.cadeagle.com.br/site/)

b) Extensão *Layout Editor*: Esta é uma das ferramentas disponíveis no *software* que exige certo conhecimento técnico do projetista, mas de fundamental importância neste projeto. A operação é realizada de forma totalmente manual, onde são desenhadas as trilhas de interligação dos componentes do circuito. Caso seja realizada uma sobreposição de algum caminho sem ser previamente observado, o circuito estará comprometido ao ser realizada a confecção da placa para a montagem final. Esta ferramenta manual pode ser utilizada para edição do circuito gerado pelo processo *autorouter*. Uma impressão da tela de interface do *layout editor* pode ser visualizado na Figura 17.

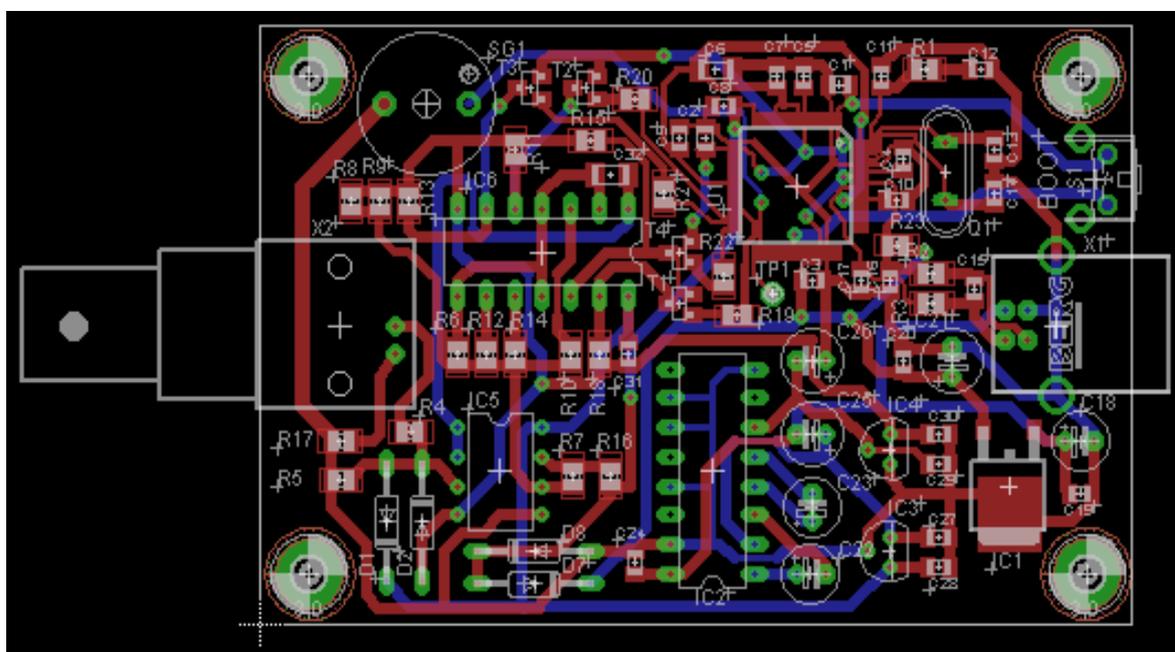


Figura 17 – Tela da extensão *Layout Editor*
Fonte: [http:// www.cadeagle.com.br/site/](http://www.cadeagle.com.br/site/)

c) Extensão *Autorouter*: Esta ferramenta que está disponibilizada em todas as versões pode ser utilizada para que o *software* trace as trilhas de interligação dos componentes do circuito impresso desejado de forma automática dentro de um padrão definido para este projeto. Para uma placa complexa como a de oito relés deste projeto, ela é um recurso muito importante para evitar que nenhuma interligação esteja sobreposta com as demais, embora seja necessária a correção e adaptação final de forma manual no final do processo de criação do *layout* da placa. Na Figura 18 pode-se observar um exemplo de uma placa gerada através dos recursos da extensão *autorouter*.

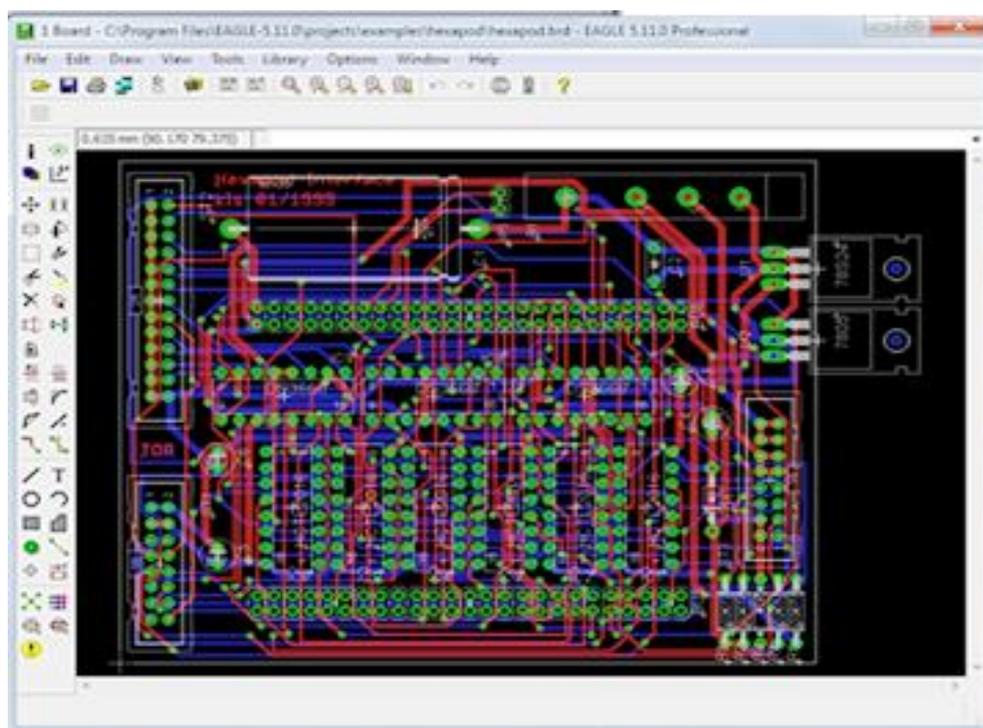


Figura 18 – Tela da extensão *Autorouter*
 Fonte: [http:// www.cadeagle.com.br/site/](http://www.cadeagle.com.br/site/)

É importante observar que para ser executada a devida confecção da placa, o projeto deve ser gerado em módulo *layout editor* ou *autorouter* do *software Eagle*, para que desta forma a fresa de usinagem possa interpretar devidamente o circuito e assim possa desenhar a placa final de forma correta, com especial atenção à resolução máxima de desbaste das ferramentas de corte para a execução da mesma.

2.3.2. Roteamento de trilhas e artifícios de projeto.

O *software* em sua operação normal oferece uma vasta quantidade de recursos para o projeto e a montagem, inclusive permitindo realizar todo o roteamento automático, o que facilita o trabalho quando são confeccionadas placas com poucos componentes. Quando o modo de roteamento automático é utilizado, o *software* mesmo desenha as trilhas da forma mais otimizada possível, porém não são tomados alguns cuidados que devem ser observados.

Depois de terminado todos os posicionamentos e as ligações dos componentes, é necessário realizar a passagem das trilhas mais complicadas ou com caminhos insolúveis sobre placa, para somente depois ser fresada. As trilhas funcionam como se fossem fios

interligando os componentes. No momento em que foram definidas as trilhas, pode-se selecionar fazer todo o *layout* de modo manual ou automático. No caso deste projeto foram posicionados todos manualmente, pois como a placa opera com baixas e altas tensões de entrada, foi preciso afastar algumas trilhas para que uma não interfira na outra. Outro detalhe que foi preciso melhorar foi a espessura das trilhas, pois quando foi solicitado o modo automático, elas ficaram muito finas, dificultando a passagem de corrente na placa. Neste caso que as correntes podem ser bem altas durante a operação, foram aumentadas as espessuras para que a passagem desta corrente fluísse melhor, mas sem prejudicar o circuito.

Nestas interfaces desenvolvidas, para facilitar a montagem e execução foi preferido indicar caminhos para as trilhas um pouco mais longos entre os componentes, para não haver cruzamento entre as mesmas e conseqüentemente não precisar utilizar *jumpers* de ligação entre elas. *Jumpers* servem para fazer ligações entre dois pontos de um circuito utilizando um fio condutor quando não há possibilidade de serem passadas as trilhas sem que as mesmas se cruzem. Segundo Braga (2014), a definição de *jumper* é de um segmento de fio condutor que permite fazer uma ligação elétrica passar por cima de uma ou mais trilhas do circuito impresso, evitando os cruzamentos de trilhas, conforme pode ser observado na Figura 19.

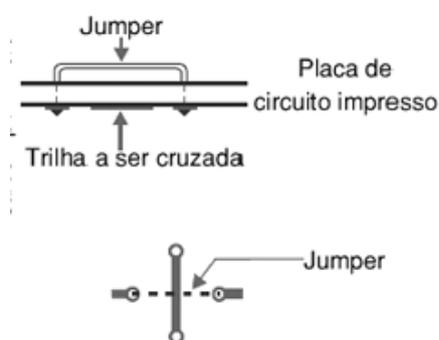


Figura 19 – Utilização de *jumper* no circuito impresso.

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

2.3.3. Definição e projeto de *layout* da posição dos componentes.

Com os conceitos da elaboração do *layout* da placa definidos, foi iniciada a montagem do modelo de placa no *software Eagle* de acordo com as dimensões e conexões de cada componente necessário para o funcionamento da interface de *hardware*. Utilizando relés no circuito como base de conexões externas universais, pois estes vão operar de forma

semelhante a interruptores, os dispositivos conectados podem ser ligados e desligados com a introdução de diferentes fontes de energia, de acordo com as características de cada ponto instrumentado. Uma característica que se destaca muito com relação aos relés é a possibilidade de se controlar circuitos com altas correntes e ao mesmo tempo ser energizado com correntes muito baixas (BRAGA, 2014), o que se torna extremamente importante quando for conectar esta placa ao motor do portão, as lâmpadas, e as fechaduras eletrônicas.

Para realizar esta montagem do relé no circuito foi preciso ligá-lo com a bobina em paralelo com um diodo, para proteger contra danos o *driver* de tensão para o acionamento do mesmo, onde foi utilizado um transistor NPN comum para esta função. O diodo segundo Braga (2014), fica polarizado inversamente em relação a tensão que dispara o relé. Assim, quando ocorre a indução de uma alta tensão nos extremos da bobina no momento da interrupção da corrente, o diodo polarizado no sentido direto passa a ter uma baixa resistência, absorvendo assim a energia residual, evitando o faíscamento nos contatos do relé, e prolongando sua vida útil. Na Figura 20 pode-se observar esta configuração de ligação.

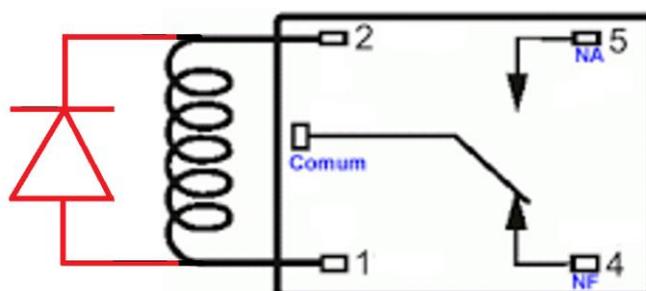


Figura 20 – Diagrama de ligação de um relé protegido por um diodo.

Outro componente utilizado no circuito foi um transistor polarizado com um resistor, que funciona como um *driver* de tensão, como se fosse uma válvula para a controlar a passagem de tensão através da bobina do relé. Este controle foi necessário porque a bobina de alimentação do relé é de 12 Vcc e as tensões das interfaces I/O dos módulos e fontes internas do sistema desenvolvido operam com apenas 3,3 Vcc, não sendo suficientes para o acionamento do relé quando solicitados.

Após conectar os relés de maneira adequada, foram conectados os seus terminais normalmente aberto, comum e normalmente fechado. Como pode-se observar no diagrama elétrico do relé, o mesmo permanece sempre em seu contato normalmente fechado ativo até o momento que for aplicada alguma tensão em seus terminais 1 e 2, como demonstrado na

Figura 20. O terminal 1 foi conectado no coletor do transistor NPN e o terminal 2 foi conectado diretamente na porta I/O do módulo *ZigBee*. No terminal comum foi ligada a rede de tensão de 220 Vca, e os demais terminais 5 e 6, que são o normalmente aberto e o normalmente fechado respectivamente, ficaram ligados os dispositivos que são controlados de acordo com os *frames* gerados, para acionar os portões ou as lâmpadas.

Ainda definindo o circuito foi empregado um conector de alimentação para energizar o circuito, e um regulador de tensão LM1117 para alimentação de 3,3 V do módulo *ZigBee*. Juntamente com este regulador foram ligados dois capacitores para a filtragem de ruídos. Estes filtros servem para reduzir as variações de tensões e correntes no circuito, impedindo que alguns dos componentes venham a ser danificados. Como monitoramento visual da operação do circuito foi colocado um *LED* em paralelo com o capacitor. Caso este *LED* não venha a acender significa que existe algo errado com a fonte externa do circuito, que pode não estar passando corrente ou está simplesmente desconectada.

Cada um dos relés utilizados é ligado a um pino de entrada e saída do módulo *ZigBee*. É através destes pinos que são enviados os comandos físicos para os relés serem acionados. Os comandos são enviados através de um *software* desenvolvido, com uma linguagem de programação *web*, que é capaz de acionar os mesmos de qualquer lugar com acesso à internet.

O módulo *ZigBee* foi adaptado à furação padrão da placa através de uma interface adaptadora comercial denominada *ProtoBee*. Segundo Rogercom (2014), a *ProtoBee* é uma placa adaptadora para o módulo *ZigBee* com várias funções como: adaptar um módulo *ZigBee* numa matriz de contatos (*proto-board*) ou placa (PCI), regular uma tensão de (5 v a 12 v) em 3,3v, estabelecer a comunicação dos módulos com uma interface padrão RS232, possui um *jumper* para *loop back* e facilidades de interconexão dos módulos com um microcontrolador, ou outros componentes numa placa padrão. Ainda segundo Rogercom (2014) a saída de 3,3 v provinda do regulador de tensão da placa *ProtoBee* pode drenar em torno de 500 mA (dependendo da alimentação de entrada).

2.3.4. Projeto da placa de conexão com oito relés.

Para este projeto foram desenvolvidas duas placas de interface de *hardware*, sendo uma com configuração de oito relés de conexão externa, e outra mais simples com apenas 4 relés de conexão de dispositivos externos. Para este desenvolvimento foi preciso fazer um

esquema do desenho da placa indicando quais componentes a placa irá possuir e como deverão ser feitas as ligações entre eles. Um circuito integrado com basicamente as mesmas ligações do *ProtoBee* foi inserido no circuito para simular as distâncias dos pinos, pois no *software Eagle* a biblioteca *XBee*, possui apenas os *ZigBees* para colocar na placa. Os demais componentes como os diodos, resistores, relés, transistores, capacitores, regulador de tensão, conector de energia e o *LED*, todos já possuem bibliotecas próprias no *software* com diversos modelos para utilizar. Para a montagem foram utilizados resistores com o símbolo americano, pois é mais simples a sua identificação dentro do circuito por ser um padrão mais conhecido.

Ainda foram utilizadas as bibliotecas do *software* para os diodos 1N4007 e o modelo NPN BC547 para o transistor de driver da tensão da bobina do relé. Os capacitores utilizados seguiram os padrões de símbolo europeu, sempre lembrando que os modelos que foram utilizados são os mais próximos do comercial, pois o que realmente importa neste momento é o posicionamento dos componentes na placa. A Figura 21 demonstra a ligação de um relé com tensão diferente da alimentação do módulo *ZigBee*, utilizando um transistor como *driver*.

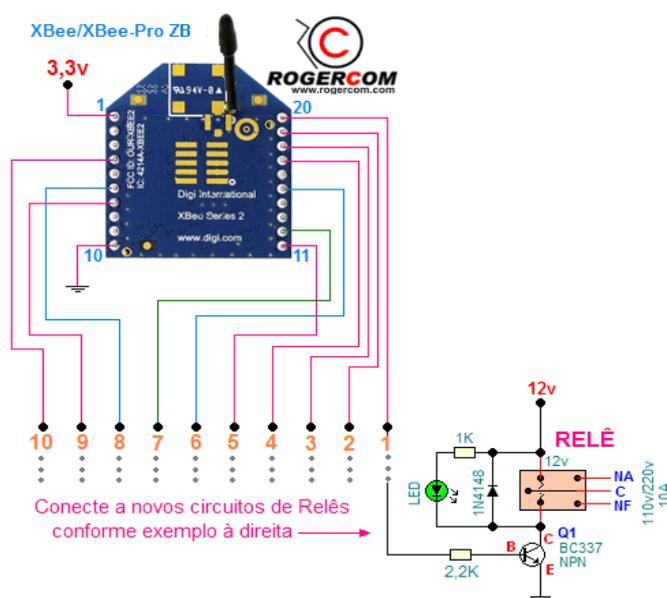


Figura 21 – Diagrama de ligação de relés ao módulo *ZigBee*.

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

Através do circuito integrado utilizado como modelo de pinagem foram realizadas todas as devidas ligações como se fossem as portas do *ZigBee* acoplado no *ProtoBee*. No pino 1 foi conectada alimentação com tensão de 3,3 V, e no pino 10 foi ligado ao aterramento. As

demais portas 4, 6, 7, 11, 17, 18, 19, 20 foram conectadas em diferentes drivers de relés das placas, pois são as portas de entrada e saída do módulo *ZigBee*.

Na simulação do circuito, o circuito integrado possui mais contatos de conexão que o *ProtoBee*, conforme pode-se observar na Figura 22, onde os excedentes foram ignorados. Nesta mesma imagem pode-se notar as portas que foram conectadas no módulo *ZigBee*. O maior número de pinos do integrado não foi um problema para a confecção da placa, pois no momento de fresagem da placa ficaram apenas os furos e as ilhas correspondentes.

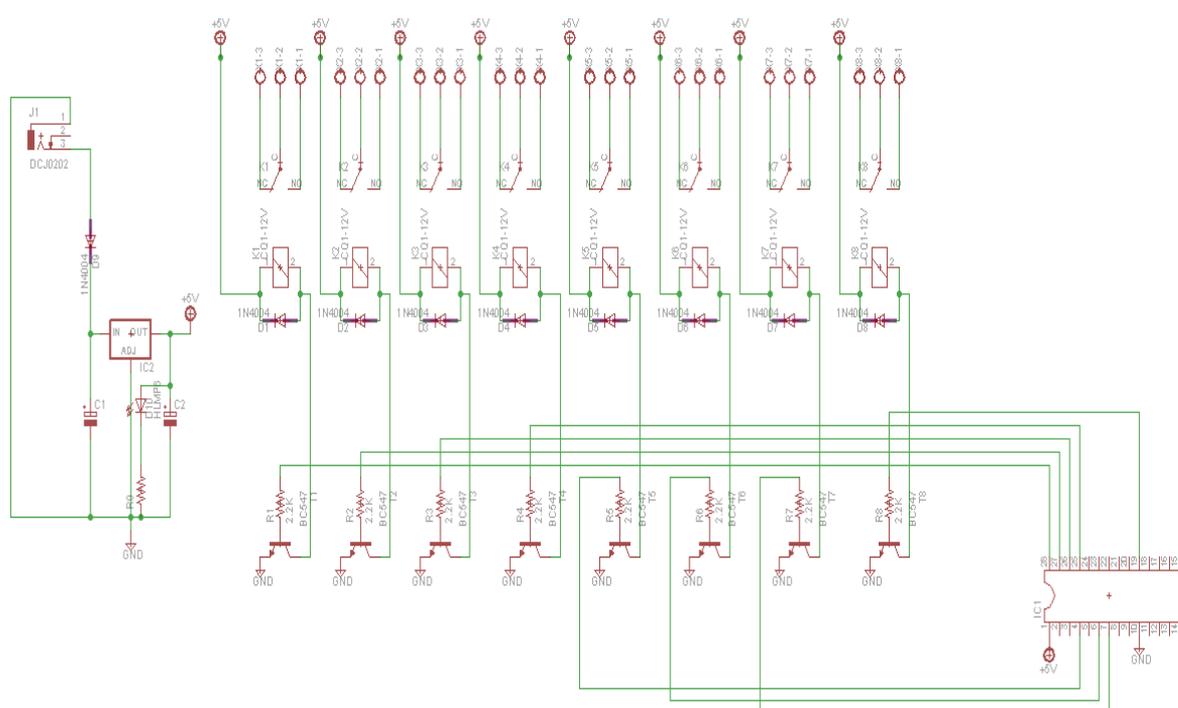


Figura 22 – Diagrama esquemático de ligação do circuito de oito relés.

Com as devidas ligações todas prontas, foi passada para outra fase do projeto, que corresponde ao posicionamento dos componentes. Precisou-se tomar cuidado com este posicionamento, de forma com que ficasse o mais otimizado possível a distribuição para facilitar a passagem das trilhas, e ainda assim não interferir muito nas dimensões da placa.

As dimensões da placa foram definidas para que não ocupe muito espaço, e também que fosse de fácil adaptação onde quer que ela precise ser posicionada, contendo dimensões de 7,6 cm x 10,8 cm e cinco furos. Desta forma pode-se posicioná-la em praticamente qualquer local da residência, pois está irá ser posicionada no interior da casa para controlar as luzes. Como resultado final da montagem tem-se todos os componentes devidamente

posicionados com todas as ligações feitas e trilhas passadas. Na Figura 23 pode-se observar a placa com o *layout* e distribuição de componentes finalizados, onde também pode-se notar que não foram utilizados nenhum tipo de *jumper* durante a montagem. Nesta fase de desenvolvimento, esta placa projetada já se encontra em condições de ser enviada para a fresagem, onde será convertida para o formato de dados da máquina correspondente e a mesma irá retirar o cobre dos locais não desenhados no *software Eagle*.

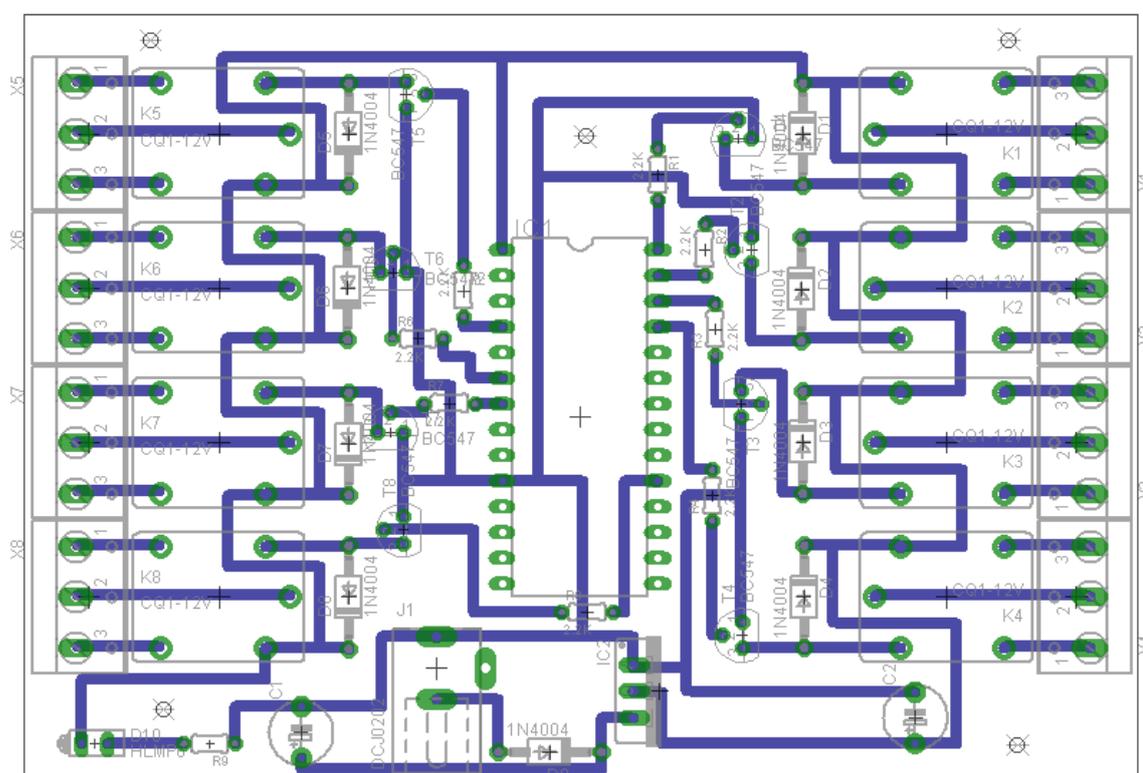


Figura 23 – *Layout* da placa de oito relés pronto para ser fresado.

2.3.5. Projeto da placa de conexão com quatro relés.

Utilizando as mesmas técnicas de projeto e montagem do circuito com oito relés descrito anteriormente, e ainda utilizando o *software EAGLE*, foi projetada uma segunda placa para acoplar o módulo *ZigBee*. Esta placa porém possui dimensões menores de 7,2 cm x 6,9 cm, e ficará em um ambiente externo, dentro da caixa de proteção do motor do portão deslizante de veículos. Nesta placa este portão maior está ligado permanentemente, e a partir da mesma foi realizada a ligação para o portão de acesso com a fechadura elétrica.

Os diagramas de ligação e as bibliotecas do *software Eagle* utilizadas para desenvolver este novo projeto foram as mesmas do anterior, porém em uma quantidade menor, pois este circuito é composto por quatro relés, exigindo um número menor de componentes que são necessários para fazer as ligações. As ligações dos relés foram seguidas de forma semelhante ao projeto anterior, e para simular o *ProtoBee* também foi utilizado o mesmo circuito integrado.

Os pinos utilizados nesse circuito foram os de número 25, 26, 27 e 28, que são equivalentes aos pinos 17, 18, 19 e 20 do *ProtoBee*. São eles onde foram feitas as ligações dos relés. Os pinos 1 e 10 são equivalentes nos dois projetos e foram ligados na fonte de energia. Na Figura 24 pode-se observar o diagrama esquemático de ligação dos componentes da placa de circuito impresso de quatro relés.

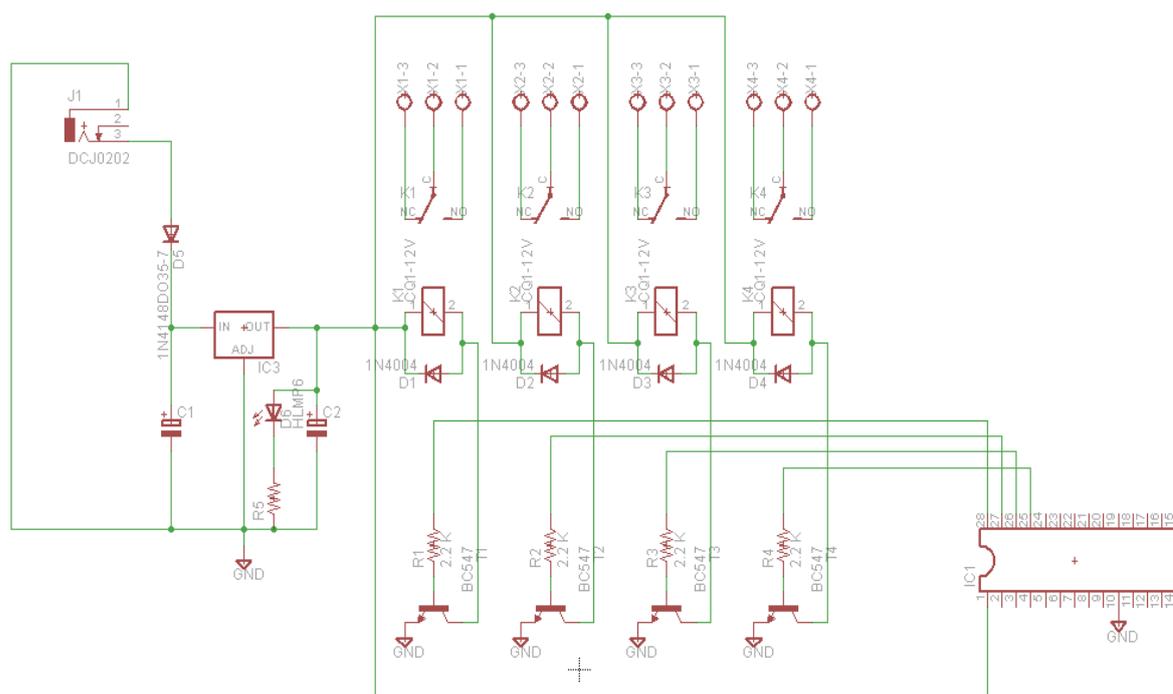


Figura 24 – Diagrama esquemático de ligação do circuito de quatro relés.

Da mesma forma que no modelo anterior, precisou-se ter cuidado com o posicionamento dos componentes, distribuindo todos da melhor forma possível para facilitar a passagem das trilhas entre eles. Foram colocados cinco furos nesta placa também para facilitar na hora de anexá-la na caixa de proteção do motor do portão deslizante. Na Figura 25 pode-se observar o *layout* da placa de quatro relés concluída.

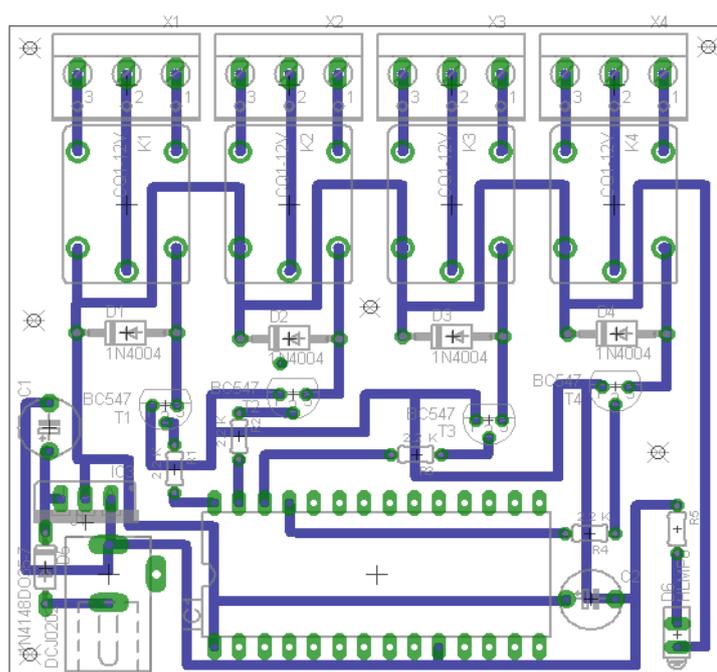


Figura 25 – *Layout* da placa de quatro relés pronta para ser fresada.

2.4. Ferramentas de desenvolvimento de interfaces.

Com o *hardware* do módulo desenvolvido pronto para os primeiros ensaios em laboratório, foi necessária a utilização de um *software* dedicado para o controle da rede e dos dispositivos utilizados, uma vez que o *software X-CTU* não é o mais adequado para a utilização nos processos de controle e monitoramento do sistema residencial.

Para desenvolvimento deste *software*, primeiramente foi realizada uma pesquisa referente as linguagens de programação disponíveis, que atendessem a ideia inicial de comunicação entre dispositivos, mas que também fosse de conhecimento do autor, para que assim os trabalhos não se estendessem, observando o prazo e a data de entrega do trabalho.

Para se consolidar a comunicação direta entres os computadores e os módulos *ZigBee* utilizados em sala de aula, foi desenvolvido o *software* de integração utilizando a linguagem de programação *web PHP*. A implementação do *software*, foi uma das etapas mais difíceis do projeto, onde foi desenvolvida uma aplicação diretamente para um dispositivo que requer uma série de testes para se totalmente funcional, em todos os campos da ferramenta.

Os testes mais realizados para verificação da total integridade do *software* foram a comunicação entre dispositivo *ZigBee* e computador, onde a finalidade fundamental era que o programa tivesse a capacidade de ler a porta serial em que o *ZigBee* fosse conectado. Com

esse processo concluído, as informações enviadas pela página *web* do *software* era repassadas pelo dispositivo conectado ao computador até o *ZigBee* presente no módulo.

Outro fator que contribuiu na seleção desta linguagem de programação, foram as suas características de operação como uma aplicação *web*. O *software* desenvolvido em *PHP* possui a capacidade de total interação com servidores, como o *Apache*, onde para se obter uma página de desenvolvimento *web*, este fator é essencial.

Para que o *software* seja perfeitamente funcional em diferentes condições de requisições e dispositivos conectados, e por se tratar de uma aplicação *web PHP*, deve-se ter instalado e executando no computador o servidor *Apache* e o *PHP5*, tanto para plataformas *Windows* quanto para *Linux*.

Para usuários do sistema operacional *Linux*, é necessário adicionar usuário *Apache* ao grupo *dialout* através do comando `sudo adduser www-data dialout`. Após concluída esta etapa, deve-se reiniciar o servidor *Apache* com o comando: `sudo / etc/init.d/apache2 restart`. Como vantagem de utilização observa-se que o *software* possui portabilidade para a grande maioria os sistemas operacionais.

2.4.1. Desenvolvimento e ensaios iniciais com o sistema *web*.

Para o desenvolvimento do sistema *web*, foi selecionada uma linguagem de programação que permitisse desenvolver uma aplicação simples e robusta, em conjunto com um servidor *open source* que possua todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do sistema proposto neste projeto.

A linguagem de programação utilizada foi o *PHP*. Foram analisados muitos de seus benefícios para definir sua viabilidade no projeto, dentre as quais destaca-se a grande quantidade de documentação, tornando-se uma ferramenta intuitiva e de fácil aprendizagem. Existem muitos pacotes de funções prontas que auxiliam no desenvolvimento do projeto.

Para o servidor *web* o foi selecionado o servidor *Apache*, por possuir muitas funcionalidades que o torna uma solução atrativa no momento de sua utilização para o desenvolvimento dos aplicativos deste projeto de automação. Ele possui uma vasta quantidade de documentação de suporte, facilitando o trabalho no momento em que se necessita de auxílio técnico quando for implementá-lo. A estabilidade e a eficiência são características que podem se destacar, pois poucos recursos do sistema são necessários para sua operação.

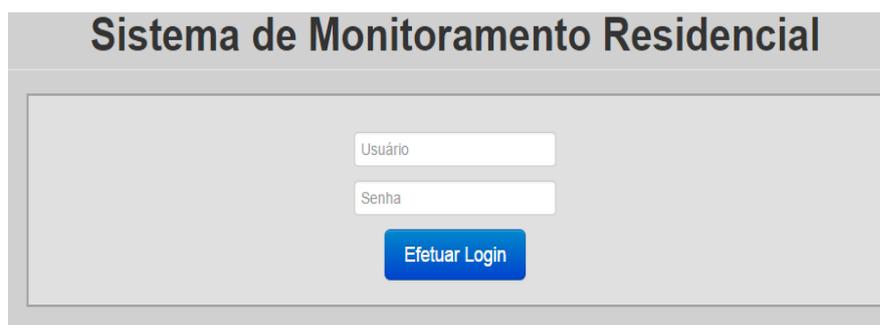
2.4.2. Funcionalidades do sistema.

A aplicação *web* desenvolvida para este projeto tem por finalidade armazenar as informações do estado das portas I/O do módulo *ZigBee*, bem como disponibilizar as informações referentes ao estado dos dispositivos instrumentados conectados nele, como as lâmpadas da frente da casa, dos fundos da casa, os portões, as câmeras, entre outros que se queira implementar. Um sistema de monitoramento de imagens também foi utilizado como complemento deste, porém em um primeiro momento não necessita ser controlado pelo módulo *ZigBee*, pelo fato de o mesmo possuir um sistema de servidor próprio para o arquivamento e disponibilização destas imagens armazenada. O sistema *web* desenvolvido ainda é responsável por permitir o acesso rápido e em tempo real do sistema de monitoramento remoto através de equipamentos conectados à internet.

As ações iniciais que são possíveis realizar através do sistema de monitoramento são:

- Verificar o estado do portão deslizante, ou seja, verificar se o mesmo está aberto ou fechado naquele momento.
- Acionar o portão deslizante para abrir ou fechar.
- Verificar o estado do portão de acesso de pedestres, monitorando se o mesmo está aberto ou fechado.
- Acionar o portão de acesso de pedestres para destravar o acesso.
- Verificar o estado de duas lâmpadas da frente e uma lâmpada dos fundos da casa, se as mesmas estão ligadas ou desligadas.
- Acionar estas lâmpadas, podendo ligar ou desligar as mesmas
- Verificar o sistema de monitoramento de imagens das câmeras de segurança através de um *link* de acesso direto para este aplicativo.

Para uma melhor visualização e entendimento do sistema como um todo estão sendo demonstradas algumas imagens de telas do sistema desenvolvido. Na Figura 26, é apresentada a tela inicial do sistema, apresentando um sistema básico de credenciais a partir da introdução de um *login* e senha, requisito mínimo antes de termos acesso a aplicação e seus recursos.



A interface de login do sistema de monitoramento residencial. No topo, há um cabeçalho com o título "Sistema de Monitoramento Residencial". Abaixo, há dois campos de entrada de texto: "Usuário" e "Senha". Abaixo dos campos, há um botão azul com o texto "Efetuar Login".

Figura 26 – Acesso ao sistema de monitoramento através de credenciais.

Conforme já foi comentado, é importante observar que para a implementação real deste projeto em um ambiente residencial, deve-se tomar todas as precauções possível para evitar invasões ou ataques maliciosos ao sistema, tornando o ambiente monitorado vulnerável a ações de criminosos. Desta forma, foi implementado este sistema de credenciais, tornando o sistema mais protegido. Após a confirmação das credencias, o usuário já pode ter acesso a os recursos da aplicação, verificando o estado dos dispositivos e tendo acesso ao *link* do sistema de monitoramento de imagens a partir das câmeras instaladas. Na Figura 27 pode-se observar o sistema de monitoramento residencial com os botões de ações que são possíveis realizar. Esta interface é simplificada apenas para demonstração, sendo possível a sua personalização conforme o gosto ou as preferências de cada usuário do sistema.



A interface de controle do sistema de monitoramento residencial. No topo, há um cabeçalho com o título "Sistema de Monitoramento Residencial". Abaixo, há cinco botões azuis empilhados verticalmente: "Abrir Portão Deslizante", "Abrir Portão Comum", "Ligar Lampada Frente 1", "Ligar Lampada Frente 2" e "Abrir Garagem". Abaixo dos botões, há um link azul "Verificar Imagens das Câmeras" e um link azul "Sair".

Figura 27 – Opções de acionamento dos dispositivos.

Ao registrar as credencias com sucesso, uma tela com os botões de ações possíveis é apresentada, oferecendo todas estas opções de abrir portões e ligar as lâmpadas de forma gráfica e intuitiva. Na parte inferior desta tela de controle encontra-se o *link* que conecta com a central de monitoramento de imagens, onde pode-se verificar as imagens de quatro câmeras diferentes espalhadas pela residência.

Para melhorar a sensação de confiança na ação que se deseja tomar na residência através da interface *web*, e também para torná-la mais intuitiva foram utilizados alguns artifícios visuais de marcação de estado dos dispositivos externos conectados na interface de *hardware*. Desta forma, quando uma tecla é clicada, ela modifica o seu estado de apresentação, demonstrando de forma gráfica qual é o estado do dispositivo naquele momento. Neste momento, ao invés de estar configurado como “Abrir Portão Deslizante”, “Abrir Portão Comum”, “Ligar Lâmpada Frente 1”, “Ligar Lâmpada Frente 2”, “Abrir Garagem”, os botões vão apresentar as opções de “fechar os portões” ou “desligar as lâmpadas”. Assim é possível saber em qual estado o dispositivo se encontra antes de clicar em algum dos botões disponíveis. Esta variação na apresentação pode ser visualizada na Figura 28.

Caso se deseje adicionar mais dispositivos conectados nesta aplicação, pode-se alterar diretamente no código, modificando as funções e acrescentando quantos botões se pretenda implementar a mais na aplicação.



Figura 28 – Opções de acionamento do dispositivo.

2.4.3. Sistema de monitoramento de imagem com as câmeras.

Para a facilidade de monitoramento de imagens foi escolhido um conjunto de câmeras com visão noturna integradas com um sistema de DVR (*Digital Video Recorder*), que possibilita não só a captura de imagens, mas também a possibilidade de manter elas armazenadas pelo tempo que achar necessário. As câmeras ainda contam com algumas ferramentas que aumentam a segurança, como alarmes que são acionados quando são percebidos movimentos e sensibilidade alta por infravermelhos, para a captura de imagens durante a noite ou em ambientes muito escuros. Na Figura 29 pode-se observar o equipamento DVR com as suas respectivas câmeras para o monitoramento através de imagens.



Figura 29 – Equipamento DVR com as quatro câmeras que o acompanham.

Para se obter o acesso ao servidor das imagens é necessário acessar o *site* <http://www.xmeye.net/>. Nesta página se encontra o servidor de imagens capturadas pelas câmeras, e que são enviadas pelo DVR. Também nesta página é realizado o cadastro, informando o ID correspondente ao DVR, ou mesmo criando um usuário e senha para acessar o servidor. Com o cadastro realizado já é possível visualizar as imagens das câmeras que estão conectadas no aparelho. Após todas as configurações, o *link* da página de visualização das imagens estará integrado com a página do *software* de sistema de monitoramento residencial. Quando clicado em “Verificar Imagens das Câmeras”, elas devem ser

redirecionadas para página do próprio servidor imagens. A Figura 30 demonstra o referido botão dentro da interface desenvolvida circulado por um quadro vermelho.

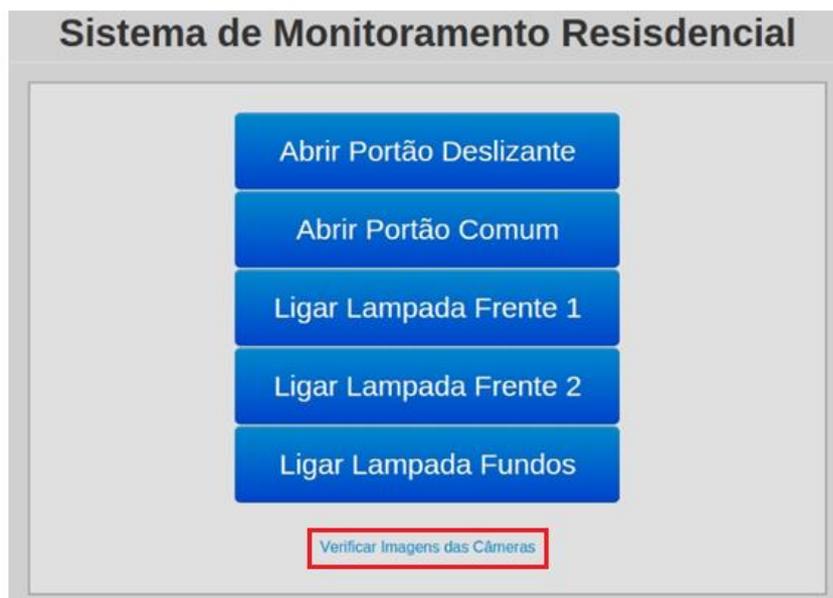


Figura 30 – Visualização do *link* de redirecionamento do para as imagens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para complementar o trabalho de forma mais objetiva se torna necessária a realização de ensaios práticos de operação e integração dos dispositivos utilizados neste projeto. Em um primeiro momento foram realizados testes de funcionamento com o sistema totalmente integrado no laboratório, pois com o atraso na chegada dos materiais e equipamentos, as adaptações necessárias no ambiente real não foram totalmente implementadas, impossibilitando, por exemplo, a instalação da trava eletrônica no portão por falta de um suporte adequado, que está sendo providenciado através dos serviços de um serralheiro da região. Os resultados esperados para os ensaios em laboratório são idênticos ao ambiente real quando em funcionamento em campo, onde os comandos de acender e apagar ou abrir e fechar os dispositivos elétricos e eletrônicos utilizando a tecnologia *ZigBee* devem operar em ambas as situações com os mesmos resultados obtidos.

Os ensaios em laboratório foram definidos como uma etapa de desenvolvimento do projeto para a certificação das interfaces desenvolvidas, conforme demonstrado na Figura 31:

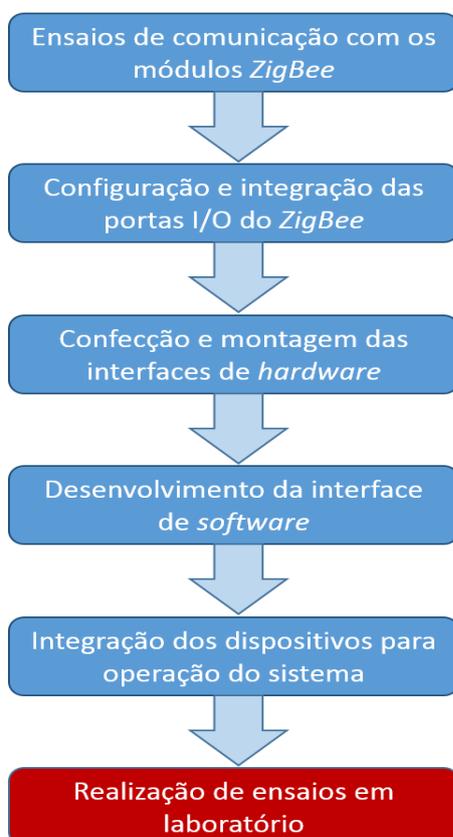


Figura 31 – Fluxograma de desenvolvimento do projeto.

Com as facilidades dos sistemas desenvolvidos e operacionais, é possível acionar ou desacionar até doze dispositivos conectados com as placas de interface de *hardware*, que têm por objetivo fornecer o acesso e controle dos mesmos. Adicionalmente este sistema também pode ser utilizado para verificar as imagens das câmeras de segurança através do *link* que está definido na página *web* de interação com o usuário.

3.1. Configurações dos módulos *ZigBee* no laboratório.

Para que fosse possível estabelecer a comunicação entre todos os módulos *ZigBee* da rede foi necessária a programação dos mesmos, onde precisou-se configurar cada um dos três módulos individualmente para definir o coordenador e os roteadores da rede. Para este processo, inicialmente foi realizada a leitura da configuração atual dos módulos através do *software X-CTU*, clicando no botão “*Read*”. Após a leitura, um módulo *ZigBee* foi escolhido para ser o coordenador da rede, e em seguida foram atribuídos uma determinada Pan ID e um nome em caracteres ASCII para o dispositivo. Estas configurações permitem definir um nome ou número de identificação simplificada para indicar em qual rede ele pertence, e ainda identificá-lo na rede com algum nome escolhido. A Figura 32 demonstra o *software X-CTU* com as configurações do módulo *ZigBee* utilizado como coordenador.

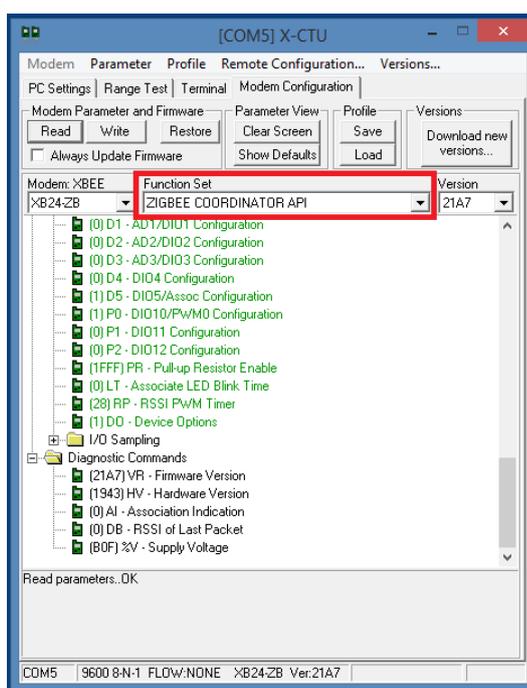


Figura 32 – Interface do *software X-CTU* com o módulo configurado como coordenador.

É importante lembrar que um dos requisitos de operação deste sistema é a implementação da segurança de rede. Para fornecer o nível de segurança necessário para a comunicação sem fio foi inserida a criptografia. Segundo Rogercom (2014), no momento em que a criptografia é implementada, os recursos de rede são fechados, e desta forma, os módulos que não fazem parte da rede criptografada, ou seja, que não possuem a chave de acesso, só conseguem enxergar os seguintes dados:

- MY - Endereço fonte do módulo remoto;
- SH - Parte alta (32 bits) do número serial do módulo remoto;
- SL - Parte baixa (32 bits) do número serial do módulo remoto;
- DB - Nível do sinal recebido - RSSI.
- NI - *String* contendo o nome do módulo remoto, se nele constar.

Os procedimentos para a configuração de segurança por criptografia dos dados em módulos *ZigBee* são relativamente simples, como seguem a seguir:

- a) Conectar um módulo *ZigBee* no computador através de uma interface com a porta USB do mesmo, emulando uma porta RS232 serial;
- b) Executar o *software* de configuração *X-CTU*, e na Aba "*PC-Settings*", selecionar a COM associada à interface onde o *ZigBee* está conectado;
- c) Selecionar a Aba "*Modem Configuration*" e solicitar que o *ZigBee* faça a leitura da configuração atual clicando no botão "*Read*";
- d) Após é necessário alterar os seguintes comandos AT para inserir a criptografia:
 - EE = 1. O parâmetro "1" indica que foi habilitada a segurança nos módulos;
 - KY = Chave Escolhida (Hexadecimal). Os parâmetros "Chave Escolhida" se referem a chave criada para implementar a criptografia. Esta chave é definida por 16 *bytes* hexadecimal de dois dígitos cada, totalizando uma encriptação de 128 *bits* AES;
- e) Ao final do processo deve-se clicar no botão "*Write*" para gravar as alterações na memória *Flash* do módulo *ZigBee*;

Desta forma os módulos estão prontos para operar com a criptografia implementada. Para os outros módulos *ZigBee* também foram seguidos os mesmos passos descritos, permitindo que somente os módulos que tiverem a mesma chave salva poderão decodificar os dados recebidos na rede. A Figura 33 demonstra essa configuração.

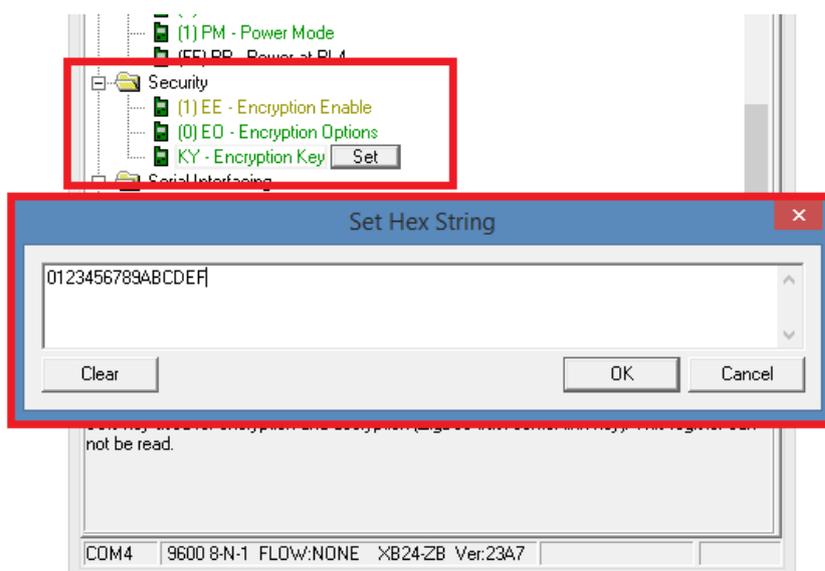


Figura 33 – Configuração dos parâmetros de criptografia nos módulos *ZigBee*.

Os demais módulos *ZigBee* do projeto foram acoplados as placas de interface para receberem os comandos do dispositivo coordenador da rede. Estes módulos foram configurados como roteadores (*routers*) para poderem se comunicar entre si, onde foram atribuídas a mesma Pan ID do coordenador, o mesmo canal de operação e inseridas a mesma chave de criptografia. Na Figura 34 pode-se observar o exemplo de um *router* no *X-CTU*.

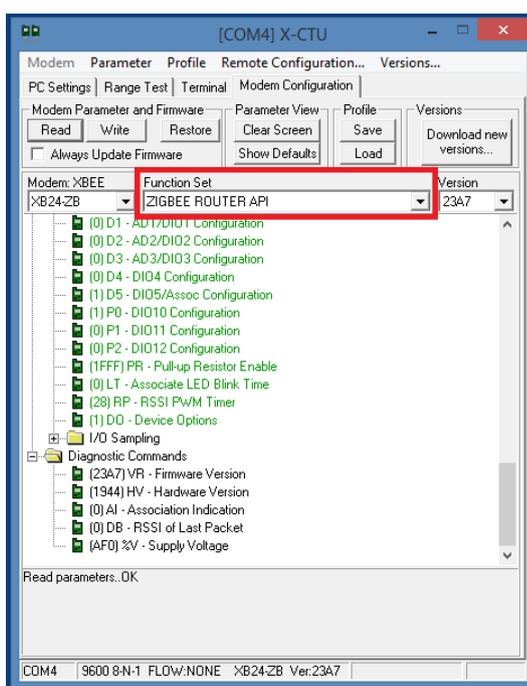


Figura 34 – Interface do *software X-CTU* com o módulo configurado como *router*.

Para enviar os comandos do coordenador para os *routers* foram gerados *frames* API. Nestes *frames* estão contidos os comandos para acionar relés que estão nas placas. Para o funcionamento estes *frames* criados foram inseridos no código PHP para que a interface *web* se comunique com os dispositivos. A Figura 35 demonstra um fragmento deste código.

```

$xmlFrameRemote = new XBeeFrame();
$xmlFrameRemote -> remoteAtCommand('5678' , 'D0' , '04');
if($conf[0] == "1")
{
    .....
    ..... $xmlFrameRemote -> setFrame("FRAME BTN1 ABRIR");
}
else
{
    .....
    ..... $xmlFrameRemote -> setFrame("FRAME BTN1 FECHAR");
}
}

```

Figura 35 – Fragmento de *software* para inserção de um *frame* API no código PHP.

3.2. Montagem da placa de interface de *hardware*.

Com o projeto do *layout* das placas de interface de *hardware* prontas e todos os componentes em suas devidas posições na simulação, este projeto foi enviado para confecção na fresa para placas de circuito impresso. Quando as placas ficaram prontas foi dada a sequência nas atividades de implementação destas interfaces. Na Figura 36 pode-se observar o processo de montagem da placa de interface de quatro relés.

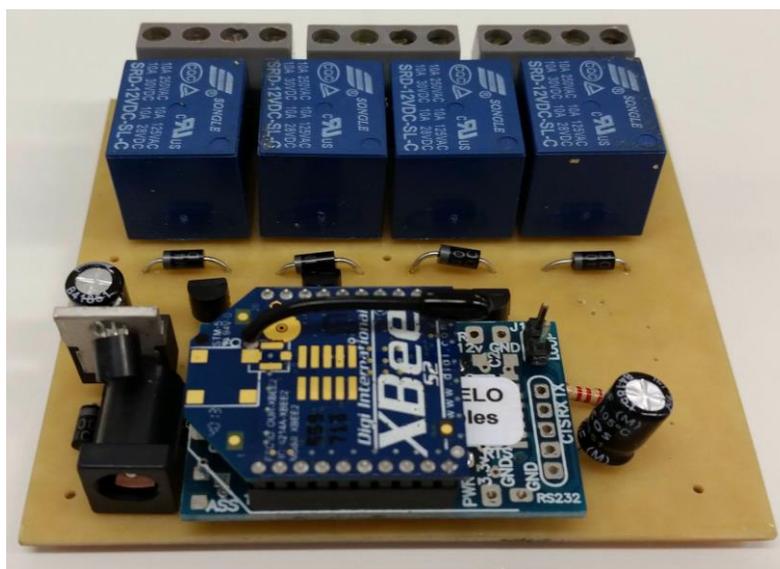


Figura 36 – Placa de quatro relés montada para os ensaios em laboratório.

Embora todos os cuidados no projeto tenham sido tomados, logo início da montagem houveram algumas dificuldades. Mesmo utilizando as bibliotecas corretas do *software Eagle*, as dimensões dos relés acabaram ficando um pouco menores do que era esperado, necessitando fazer algumas adaptações em seus contatos para que fosse possível o encaixe.

Estas interfaces são alimentadas com tensão de 12 volts de corrente contínua para suprir todas as bobinas dos relés de acionamento, que também são de 12 volts. Como o *ZigBee* opera com 3,3 V, foram encomendados dois adaptadores do modelo *ProtoBee* para a conexão com estes módulos diretamente em 12 V.

Devido a um problema de envio errado dos módulos, os mesmos não possuíam a funcionalidade de regulação de tensão, o que originou a necessidade de realizar uma modificação na placa original. No espaço de um regulador para 5 V de segurança contra transientes da entrada, foi implementada uma fonte regulada de 3,3 V através de um LM 1117. Como os relés operam em 12 V, a tensão regulada da fonte de entrada não era suficiente para o acionamento, então desta forma foi necessário realizar uma conexão de *bypass* na placa, para fazer com que os 12 volts da fonte chegassem diretamente nas bobinas dos relés.

Na Figura 37 pode-se observar a placa de interface de *hardware* com oito relés de acionamento pronta para a instalação.

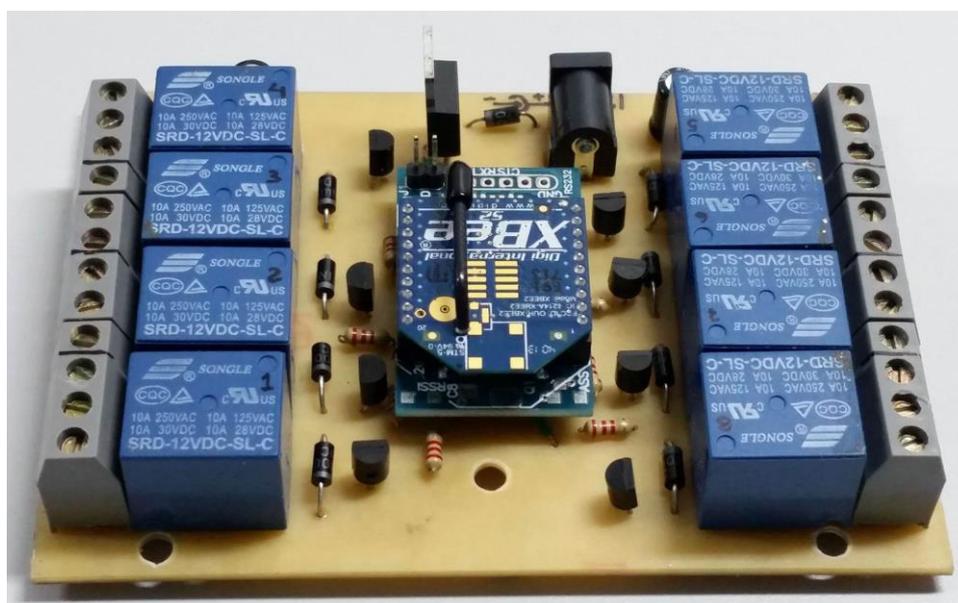


Figura 37 – Placa de oito relés montada para os ensaios em laboratório.

Outra dificuldade encontrada pela falta de experiência no uso do *software Eagle* foi a dimensão dos furos da placa. Estas dimensões correspondem aos furos realizados para o encaixe dos componentes na placa, como os relés, o *ProtoBee*, transistores, diodos,

conectores, etc. Principalmente a furação para a conexão da interface *ProtoBee* e do conector de energia da fonte ficaram muito pequenos para o encaixe, fazendo-se necessário aumentar o tamanho dos mesmos com uma broca para poder conectar os componentes. Os demais componentes mantiveram suas posições como o esperado com pequenos ajustes.

3.3. Resultados obtidos nos ensaios em laboratório.

Concluindo este projeto foram realizados os primeiros testes de funcionalidade das interfaces desenvolvidas nas bancadas do laboratório. Para energizar as interfaces de *hardware*, as placas foram alimentadas com 12 volts de uma fonte regulável DC. Através do *software* de controle foram testados individualmente cada relé, executando o acionamento para inversão dos contatos, mantendo uma temporização em estado ligado e novamente acionando a interface para o desligamento do relé e a volta ao estado normal de repouso. Todos os canais do módulo responderam de forma satisfatória ao ensaio, repetindo a operação por algumas vezes de forma contínua para forçar o sistema e apresentar algum erro caso estivesse com problemas, o que não aconteceu. Na Figura 38 pode-se observar os testes com cada relé de forma individual, verificando os contatos “Comum”, “NF” a “NA”.

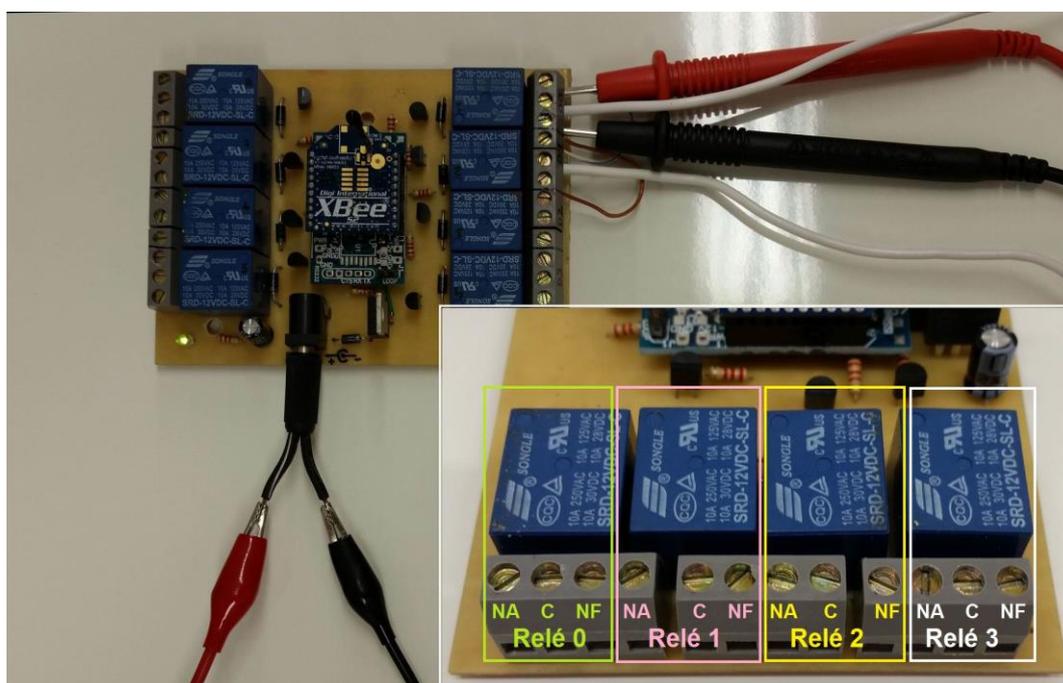


Figura 38 – Testes dos relés da placa de oito relés montada.

Como todos os relés apresentaram ótimos resultados nos testes de operação, foi iniciada a conexão dos diferentes dispositivos na interface de *hardware* universal, para testes individuais com cada tecnologia. Neste ensaio o objetivo principal é o acionamento de lâmpadas, tanto para acender como apagar, através da interface *web* desenvolvida. Para uma ideia inicial de ensaios, foram conectadas lâmpadas diretamente nos contatos comum e NA dos relés, fazendo com que o relé desenergizado mantivesse a lâmpada apagada, e quando ele fosse acionado a lâmpada deveria acender. Neste teste também correu tudo dentro do esperado, onde diversos acionamentos foram realizados para testar o bom funcionamento do sistema como um todo. Na Figura 39 pode-se observar uma lâmpada conectada diretamente no relé 0, que corresponde a uma chave interruptora normal residencial.

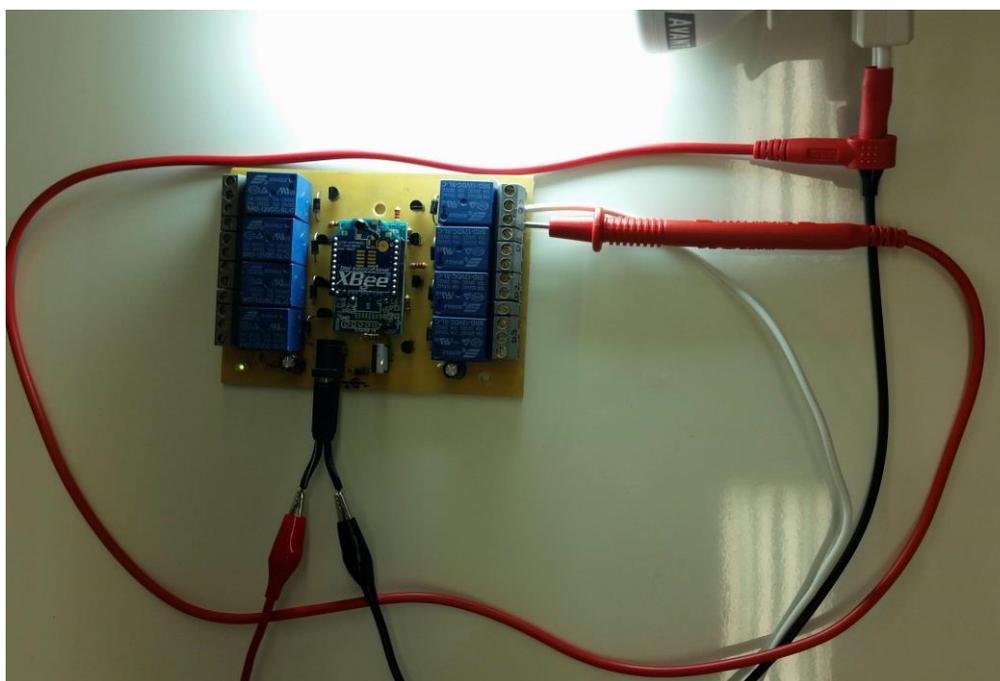


Figura 39 – Ensaio com as lâmpadas 220 V conectadas nos relés da placa.

Conforme comentado anteriormente, este sistema de controle remoto da iluminação precisa operar em conjunto com uma chave manual na própria residência, para que os habitantes também possam realizar o acionamento da mesma caso seja necessário. Se a chave for colocada em série com o sistema de controle, somente poderá deixar a lâmpada ligada caso o acionamento manual e o módulo de controle estejam em modo ligado, e qualquer um deles que for acionado pode desligar essa lâmpada. No caso inverso, pode-se conectar a chave eletrônica desenvolvida em paralelo com a chave manual. Neste caso, qualquer um que acione

o comando ou dois controles juntos irá acender a lâmpada. O problema desta ligação é que se qualquer um estiver acionado, o outro sistema não tem a capacidade de desligar a mesma.

Para resolver este problema a solução é a utilização de uma chave manual de três pólos, também popularmente conhecida como “*three way*” ou “hotel”, onde em cada acionamento ela inverte os contatos internos. De forma semelhante, o relé possui o mesmo princípio de operação, bastando conectar os seus contatos normalmente aberto e normalmente fechado com os contatos externos da chave de três pólos. Desta forma, qualquer um dos sistemas que for acionado tem a capacidade de modificar o estado da lâmpada, ligando se estiver desligada ou desligando caso já se encontre acesa.

Com o problema da conexão da lâmpada com dois acionamentos diferentes resolvido, foi realizado o teste com a fechadura eletrônica, conforme está demonstrado na Figura 40.

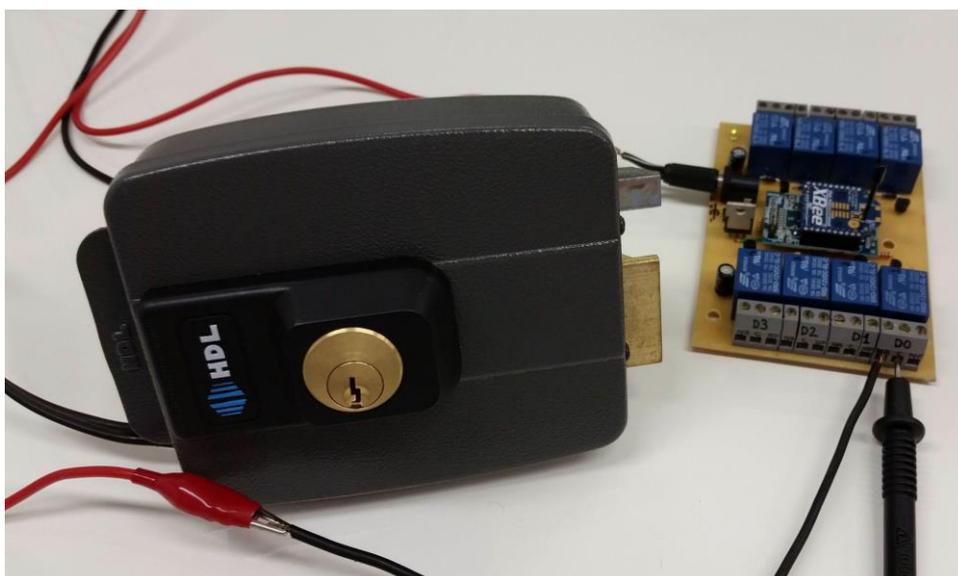


Figura 40 – Ensaio com a fechadura eletrônica conectada no relé da placa.

Neste caso o acionamento é mais simples, pois a fechadura somente necessita de um pulso curto para realizar o acionamento, e depois um conjunto de molas realiza o restante da operação, afastando a mesma do gatilho e abrindo o fecho. Depois de acionado este pulso, o sistema não precisa mais manter a energia para destravar o portão. Foi atribuído o temporizador de aproximadamente 1 segundo de pulso para o acionamento da bobina da fechadura eletrônica, que foi suficiente para atestar o seu funcionamento de acordo com o esperado para a operação no ambiente real da instalação.

Para concluir os ensaios com os dispositivos em separado foi realizada a conexão de um motor elétrico para verificação das funcionalidades do módulo. Existem dois tipos de acionamento deste tipo de motor como o utilizado nos portões deslizantes, sendo que o primeiro testado foi referente a inversão da polaridade dos fios do motor DC. Neste caso foi montada uma ponte H com a utilização de dois relés, conforme pode-se observar na Figura 41. O acionamento para o sentido horário foi configurado para quando o relé 0 estiver energizado e o relé 1 estiver desenergizado. Quando for realizada a reversão, o relé 0 será desenergizado e o relé 1 estará energizado, trocando a polaridade dos fios do motor que estão conectados nos contatos “comum” dos dois relés utilizados.

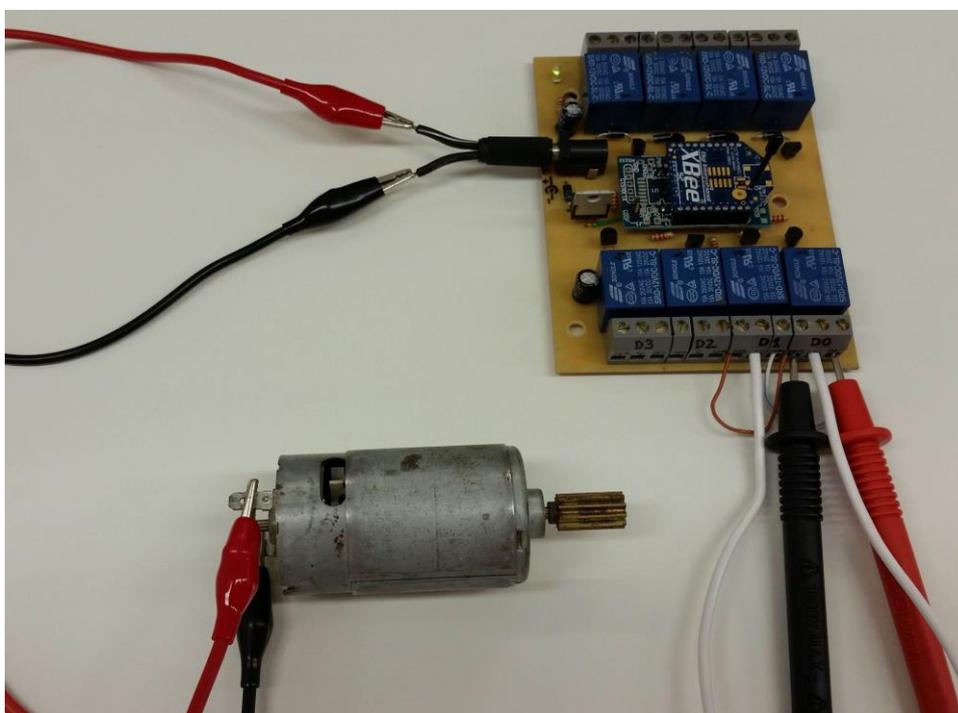


Figura 41 – Ensaio com um motor de 12 V girando nos dois sentidos de rotação.

A grande maioria do acionamento dos portões eletrônicos é realizada através de um circuito eletrônico que providencia a inversão do sentido de giro do motor através de um relé previamente configurado para esta função. Na Figura 42 pode-se observar que o acionamento eletrônico do motor do portão deslizante da residência onde o sistema irá ser instalado definitivamente opera desta forma, onde é apenas necessário mandar um pulso para o relé correspondente e conectar em paralelo com o relé original, desta forma, qualquer um dos acionamentos terá a capacidade de acionar, parar ou reverter o portão apenas com um toque.

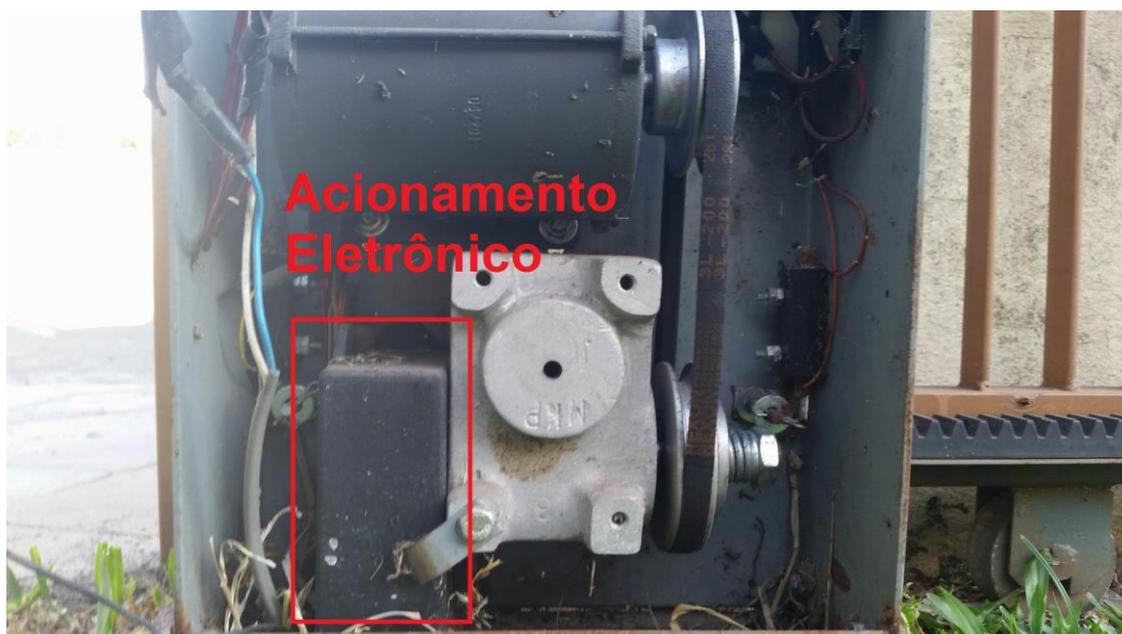


Figura 42 –Motor do portão deslizante com acionamento eletrônico.

Com a operação do motor em laboratório finalizada com sucesso para os dois casos testados, o sistema foi considerado apto para a instalação no ambiente real. Esta instalação e os novos procedimentos de testes serão realizados tão logo as adaptações de infraestrutura e dispositivos do local sejam concluídas.

3.4. Sugestões para trabalhos futuros.

Como o tempo de implementação deste projeto foi relativamente curto, e considerando que ele necessitou ser totalmente desenvolvido sem base em outros trabalhos ou atividades já realizadas, não foi possível implementar as funcionalidades que se pretendia no momento da submissão da proposta de TCC. Desta forma, seguem algumas dessas melhorias listadas abaixo como sugestão de trabalhos futuros:

1 – Desenvolver uma nova placa de interface de *hardware* mais miniaturizada, para facilitar a instalação em pequenos espaços ou equipamentos que se deseja instrumentar, mesmo que sejam perdidas algumas funções não relevantes para aquela aplicação.

2 – Desenvolver uma interface de acionamento manual e portátil baseada na tecnologia de comunicação de dados do *ZigBee*, como um controle remoto, mas mantendo todas as facilidades encontradas na página *web*.

3 – Melhorar o sistema de proteção contra invasão e ataques ao sistema através da aplicação de modernas técnicas de credenciamento de acesso, criptografias e dinâmica de mecanismos de proteção de acesso não autorizado.

4 – Expandir a utilização deste sistema para algumas atividades que não estejam ligadas somente ao conforto e comodidade, proporcionando a automação de dispositivos e objetos de menor custo, sendo que estes não possuem viabilidade econômica de automação caso não compartilhem os recursos da utilização deste sistema.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de uma interface de controle e monitoramento residencial de baixo custo, que proporciona a visualização e controle de diversos dispositivos de segurança de forma remota através de uma página *web*.

Durante este período foram realizadas atividades de estudo e levantamento de material comercial para a utilização neste projeto. Com base nestes resultados foram selecionadas diversas tecnologias e dispositivos candidatos a atenderem os requisitos de operação do projeto. Como melhor opção para a implementação de rede de comunicações foi definida a utilização da tecnologia de rede sem fio com *ZigBee*. Para a conexão dos dispositivos externos que deveriam ser conectados aos módulos *ZigBee* foram projetadas e desenvolvidas placas de interfaceamento universais, integrando diferentes dispositivos e requisitos de conexão em apenas um tipo de portas I/O de controle. Estas interfaces de *hardware* foram satisfatoriamente implementadas e encontram-se em plena operação no momento.

Neste período de desenvolvimento foram especificados e adquiridos diversos dispositivos para a automação dos processos. Alguns destes dispositivos sofreram forte atraso no prazo de entrega, o que ocasionou alguns problemas de cumprimento de cronograma. Dentre estes materiais que atrasaram a entrega, dois módulos *ProtoBee* foram entregues em discordância com o especificado, necessitando realizar modificações na placa desenvolvida.

Para o controle e monitoramento da residência de forma eficiente e remota, foram desenvolvidas interfaces lógicas com a capacidade de apresentar ou enviar as informações da automação através de uma página *web* especialmente desenvolvida para este propósito. Este *software* que foi criado para proporcionar a interação do usuário com o sistema proposto apresentou resultados muito bons, demonstrando de forma prática e objetiva todas as informações necessárias. A interface de controle foi implementada para fornecer uma sensação de segurança na utilização, proporcionando uma experiência intuitiva e positiva durante a operação do sistema.

Com todas as interfaces operando satisfatoriamente, foi realizada a integração das tecnologias e equipamentos utilizados no projeto para realizar os ensaios em laboratório e apontar pequenas correções no trabalho. Em geral a operação apresentou excelentes resultados de eficiência e usabilidade, sendo necessário realizar algumas pequenas correções principalmente no código de programação. Devido aos atrasos por processos externos, os ensaios em ambiente real ainda não foram totalmente concluídos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. M. O. **Comando e Monitorização de Sistemas de Actuação Via Redes Wireless – ZigBee**. 2010. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2010.

Apache Software Foundation (2002). **Apache HTTP Server Project**. Disponível em <http://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html>. Acesso em 26 set 2014.

ALECRIM, E. **O que é cloud computing (computação nas nuvens)?**. 2013. Disponível em: <<http://www.infowester.com/cloudcomputing.php>>. Acesso em: 5 nov. 2014.

ALECRIM, E. **Conhecendo o Servidor Apache (HTTP Server Project)**. 2006 <<http://www.infowester.com/servapach.php>> acesso em: 26 out 2014

ALVES, L. Casa do futuro já é realidade no Brasil. **iG**, São Paulo, 17 mai. 2010. Disponível em: <<http://delas.ig.com.br/casa/arquitetura/casa-do-futuro-ja-e-realidade-no-brasil/n1237615601557.html>>. Acesso em 10 nov. 2014.

BRAGA. C. N. **Como Funcionam os Relés**. <<http://www.metaltex.com.br/tudosobredeles/tudo1.asp>>. Acesso em 29 out. 2014.

BRAGA. C. N. **Jumpers**. <<http://www.metaltex.com.br/tudosobredeles/tudo1.asp>>. Acesso em 17 nov. 2014.

BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes**. [S.l.]: Livraria da Física, 2004.

ENGLEANDROALVES. **Tutorial de Configuração Padrão para Módulo Transmissores e Receptores Protocolo ZigBee e Comunicação PIC16F877A**. Disponível em: <<https://engleandroalves.wordpress.com/2012/09/16/tutorial-de-configuracao-padrao-para-modulo-transmissores-e-receptores-protocolo-zigbee-e-comunicacao-pic16f877a/>>. Acesso em: 17 set. 2014.

FERNANDES, A. S. L. **Comunicação Ad Hoc em Equipas de Robôs Móveis Utilizando a Tecnologia ZigBeeDisponível**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, 2012.

Farahani, S. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. Burlington: Newnes, 2008.

GOMES, R. O. **Desenvolvimento de um Software *Open Source* Para Controle Digital Remoto Utilizando Tecnologia ZigBee**. 2013. Artigo. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117895_1.pdf>. Acesso em: 28 set. 2014.

HTML5: **Conceitos Básicos sobre Aplicações em HTML5**. Disponível em: <https://netbeans.org/kb/73/webclient/html5-gettingstarted_pt_BR.html>. Acesso em: 23 nov. 2014

KINNEY, P. *ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works*. Cadeira de grupo de estudos IEEE 802.15.4. Communications Design Conference. 2003. Disponível em: <http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=5162>. Acesso em: 21 ago. 2014.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.: **Redes de Computadores e a Internet: Uma abordagem *top-down***. Trad. 3 ed., Addison Wesley, São Paulo, 2006.

MANUAL DO PHP. *Documentation*. Disponível em: <<http://php.net/docs.php>> Acesso em: 2 dez. 2014.

PINHEIRO, J. M. S. **As Redes com ZigBee**. 2004. Artigo. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php> Acesso em: 1 set.2014.

PIZUTTI, E. **TÉCNICA – Conserto de controle remoto de portão eletrônico**. Disponível em: <<http://dicasdozebio.wordpress.com/2013/03/19/tecnica-conserto-de-controle-remoto-de-portao-eletronico/>> acesso em 27 out 2014.

PICTONICS. **Construindo um dispositivo USB-PIC**. Disponível em: <<http://www.pictronics.com.br/artigos-tecnicos/43-eletronica-e-automacao/102-curso-basico-eagle-cadsoft-freeware.html>>. Acesso em 25 out. 2014.

RUBENS'S BLOG. *Exemple of XBee API frames*. 12 mar. 2009. Disponível em: <<http://rubenlaguna.com/wp/2009/03/12/example-of-xbee-api-frames/index.html/>>. Acesso em: 23 out 2014.

ROGERCOM. Wireless ZigBee. Anadia – Alagoas. Disponível em: <<http://www.rogercom.com.br>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

TEIXEIRA M. A. M. **Suporte a serviços diferenciados em servidores web: modelos e algoritmos.** 2004. Tese (Doutorado em Ciências – Área: Ciências de Computação e Matemática Computacional.) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, 2004.

TEIXEIRA, L. M. **Desenvolvimento de uma aplicação com o protocolo ZigBee aplicado em implementação de ensaios em voo.** 2006. 163 f. Tese (Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.

TANENBAUM, A. S.: **Redes de Computadores.** 4ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2003.

VASQUES, B.L.R.P; COUTINHO, I.B.A; LIMA, M.F.; CARNEVAL, V.P.O. **ZigBee.** Engenharia de Controle e de Computação. Redes de Computadores I. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/zigbee/>. Acesso em: 22 ago. 2014.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. **Automação residencial: Busca de tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário.** In: II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia SEGeT2005. [S.l.: s.n.], 2005.

YANG, S. H. *A zigbee-based home automation system. IEEE Transations on Consumer Electronics*, 2009.

ZigBee Alliance. What is ZigBee. Disponível em: <<http://zigbee.org/>> Acesso em: 20 ago. 2014.