UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS – EM
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL VIA INTERFACE NATURAL DO USUÁRIO

YAN FRÓES DA CRUZ COSTA

Ouro Preto, 2017

YAN FRÓES DA CRUZ COSTA

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE VIA INTERFACE NATURAL DO USUÁRIO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Alan Kardek Rêgo Segundo

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

02/2017

C837d Costa, Yan.
Desenvolvimento de sistema para automação residencial via interface natural do usuário [manuscrito] / Yan Costa. - 2017.

44f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alan Kardek Segundo.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Controle eletrônico. 2. Interfaces de usuário (Sistema de computador). 3. Automação Residencial. 4. Interação homem-maquina. I. Segundo, Alan Kardek. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Titulo.

CDU: 681.5

Catalogação: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 16 de outubro de 2017, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Alan Kardek Rêgo Segundo - Orientador

Prof. M. Sc. José Alberto Naves Cocota Júnior – Professor Convidado

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente meus pais Eduardo e Margareth, por estarem sempre presentes, me apoiando e confiando de forma incondicional, sempre me passando os melhores ensinamentos com muito amor e paciência. Ao meu irmão Diego, que desde sempre é um grande amigo e incentivador. À minha família, pelos bons momentos de carinho. Aos amigos de Manhuaçu, que mesmo com a distância sempre se mostraram presentes. Aos amigos do COLUNI, onde aprendi muito com todos. Aos amigos da Automação, que sempre dividiram conhecimento. Aos amigos de república, em especial da república Mansão Amarela, que me proporcionaram momentos impares durante a graduação. À UFOP e os professores que tive oportunidade de ser aluno, em especial o professor Alan Kardek, pelos ensinamentos. Ao ITV e o professor/chefe Gustavo, onde tive a oportunidade de aprender na prática.

“Think BIG, dream BIG, but start small”.

RESUMO

Neste projeto foi desenvolvido um sistema de automação para controlar a iluminação e acionar equipamentos elétricos utilizando o dispositivo Kinect para Windows. Deste modo, o sistema é controlado via Interface Natural do Usuário, que pode ser definida como uma interface de usuário projetada para utilizar comportamentos humanos naturais para interagir com o conteúdo digital, como por exemplo: gestos, movimentos e comandos de voz, que são captados pelo Kinect. Para atingir os objetivos deste trabalho, foram desenvolvidos: (i) um dispositivo de acionamento microcontrolado capaz de controlar lâmpadas e/ou dispositivos elétricos conectados a ele; (ii) um programa computacional capaz de interpretar as informações fornecidas pelo Kinect via USB e capaz de se comunicar por meio de outra porta USB com o dispositivo de acionamento e controlá-lo; (iii) um aplicativo para smartphone capaz de se comunicar via Bluetooth com o dispositivo de acionamento e controlá-lo

Palavras chave: Kinect, Microcontrolador, Visual Studio, C#, Interface Natural do Usuário, Automação Residencial, Domótica, PIC18F4550, Smartphone.

ABSTRACT

In this project, an automation system to control lighting and trigger electrical equipment was developed by using the Kinect device for Windows. Thus, the system is controlled by using NUI (Natural User Interface), which is designed to use natural human behaviors to interact with digital content, such as: gestures, motions and voice commands, which are captured by Kinect. This paper presents the development of: (i) a microcontrolled trigger device to control lamps and/or electrical devices connected to it; (ii) a software to interpret the information provided by Kinect via USB and communicate via another USB port with the trigger device; (iii) an app for smartphone to communicate via Bluetooth with the trigger device

Key words: Kinect, Microcontroller, Visual Studio, C#, Natural User Interface, Home Automation, Domotic, PIC18F4550, Smartphone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Arquitetura do projeto. 15

Figura 2.1. Chip da PrimeSense utilizado no Microsoft Kinect. 18

Figura 2.2. Arquitetura do microcontrolador. 19

Figura 3.1. Layout do Programa Computacional (Software) 23

Figura 3.2. Articulações utilizadas pelo Kinect. 24

Figura 3.3. Layout do aplicativo móvel. Na primeira imagem está tudo desligado e na segunda tudo ligado. 25

Figura 3.4. Parte do código em blocos do aplicativo para Android. 26

Figura 3.5. Parte de acionamento da lâmpada. 27

Figura 3.6. Parte de acionamento do som. 27

Figura 3.7. Parte de acionamento do dimmer. 27

Figura 3.8. Circuito do PIC e dos botões. 28

Figura 3.9. Estrutura do Dimmer. 29

Figura 3.10. Zero-crossing. 30

Figura 3.11. Projeto do circuito eletrônico dos relés. 31

Figura 3.12. Circuito USB e Bluetooth. 32

Figura 3.13. Circuito motor de passo. 32

Figura 3.14. Circuito de gravação ICSP. 33

Figura 3.15 - Visualização Digital da PCI. 33

Figura 3.16. Visualização 3D da PCI 34

Figura 3.17. PCI pronta 35

Figura 3.18. Ligações 36

Figura 3.19. Protótipo pronto 36

Figura 4.1. Protótipo em funcionamento. 38

Figura 5.1. Amazon Echo. 42

Figura 5.2. Google Home. 42

Figura 5.3. Aple HomePod. 43

Figura 5.4. Divisão do mercado dos Estados Unidos de *Voice-Enabled Speakers.* 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Comandos de voz utilizados para os testes e para controle do sistema de automação residencial. 39

Tabela 4.2. Gestos e posições que são utilizadas para controlar o sistema e para os testes. 39

Tabela 4.3. Tabela de testes para controle Manual, Aplicativo de Celular e Programa Computacional. 40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1 Justificativa do Trabalho 16

1.2 Objetivo Geral 16

1.3 Estrutura do Trabalho 16

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

2.1 Microsoft Kinect 17

2.2 Microcontrolador 18

2.3 Comunicação USB 19

2.4 NUI – *Natural User Interface* (Interface Natural do Usuário) 19

3. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO 22

3.1 Programa computacional (Software) 22

3.1.1 Parte de reconhecimento das informações e visualização gráfica 23

3.2 Aplicativo móvel para Smartphones 24

3.3 Dispositivo de acionamento (Hardware) 27

3.3.1 Circuito do microcontrolador 28

3.3.2 Circuito Dimmer 29

3.3.3 Circuito On/Off Relé 30

3.3.4 Circuito de comunicação USB e Bluetooth 31

3.3.5 Circuito Motor de passo 32

3.3.6 Circuito de programação 32

3.3.7 Desenvolvimento teórico da placa de circuito impresso 33

3.3.8 Desenvolvimento prático da placa de circuito impresso 34

3.4 Desenvolvimento do protótipo 35

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 37

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 41

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

1. INTRODUÇÃO

A automação de casas e prédios, conhecida como domótica, é uma área que vem crescendo cada vez mais. Diretamente ligada ao controle e automação de residências, seus objetivos fundamentais são de oferecer conforto, facilidade de acesso, controle e segurança. Esse conceito geralmente é estabelecido aplicando-se mecanismos automáticos e, em alguns casos, utilizando-se da Inteligência Artificial (IA). Os sistemas domóticos proporcionam aos usuários um grande número de funcionalidades. Apesar de ainda ser pouco conhecida e divulgada, a domótica promete vir a ter muitos adeptos, pelo conforto e comodidade que pode proporcionar (LINS and MOURA, 2010).

Domótica geralmente concentra-se no conceito de "casa inteligente", sem considerar explicitamente os benefícios que a acessibilidade dos serviços pode proporcionar para as pessoas com necessidades especiais. A acessibilidade para a interação pode ser definida como o ponto forte para os utilizadores, independentemente de sua técnica cognitiva ou habilidades físicas (COFRE et al., 2012).

A empresa Microsoft, em parceria com a empresa israelita PrimeSense, desenvolveu um dispositivo de interpretação de voz e movimento chamado Kinect. A Microsoft disponibiliza uma SDK (*Software Development Kit* – Pacote de Desenvolvimento de Programas) de forma gratuita. Com esse kit de desenvolvimento a empresa permite que desenvolvedores possam criar aplicações para computadores nas linguagens C++, C# e Visual Basic. O Kinect possui um hardware que oferece diversos recursos, tais como: emissor de luz infravermelho, sensor RGB, sensor infravermelho, eixo motorizado e um conjunto de microfones dispostos ao longo do sensor (CARDOSO, 2013).

Por ser um dispositivo diferenciado que interpreta NUI (*Natural User Interface* - Interface Natural do Usuário) para a interação homem/máquina, o Kinect possibilita várias aplicações (muitas ainda não exploradas) e deve ser incorporado aos computadores no futuro (CLAYTON, 2013). Fazendo uma analogia, sabe-se que demorou mais de 30 anos entre quando o mouse foi inventado, por Engelbart e Bill English em meados de 1965, para quando se tornou onipresente em praticamente todos os computadores (ARRAIS, 2012).

No projeto proposto, foi desenvolvido um protótipo para automação residencial com controle por voz, gestos e movimentos, via programa computacional (utilizando o Kinect), via aplicativo para smartphone ou diretamente por apertos de botões do protótipo. Para isso, desenvolveu-se um software com reconhecimento de voz e movimentos, captados pelo Kinect, capaz de associá-los com determinadas ações, como por exemplo: ligar ou desligar uma lâmpada e/ou um aparelho eletrônico e regular a intensidade luminosa de uma lâmpada. Para fazer a conexão entre o programa computacional e o dispositivo foi utilizada a comunicação USB. Este equipamento foi projetado e desenvolvido por meio de um microcontrolador, dois relés para acionamento ON/OFF de dispositivos eletroeletrônicos, um dimmer para controle de intensidade de lâmpadas, uma interface para adaptador Bluetooth e uma conexão para controlador de motor de passo - este último sendo proposto para facilitar projetos futuros. Também foi desenvolvido um aplicativo para smartphone com sistema operacional Android, para fazer os mesmos controles.

Outro ponto relevante deste projeto seria utilizá-lo para facilitar e simplificar a execução de tarefas cotidianas realizadas por deficientes físicos, idosos e pessoas com problemas de locomoção. A Figura 1.1 mostra de forma esquemática a arquitetura do projeto.

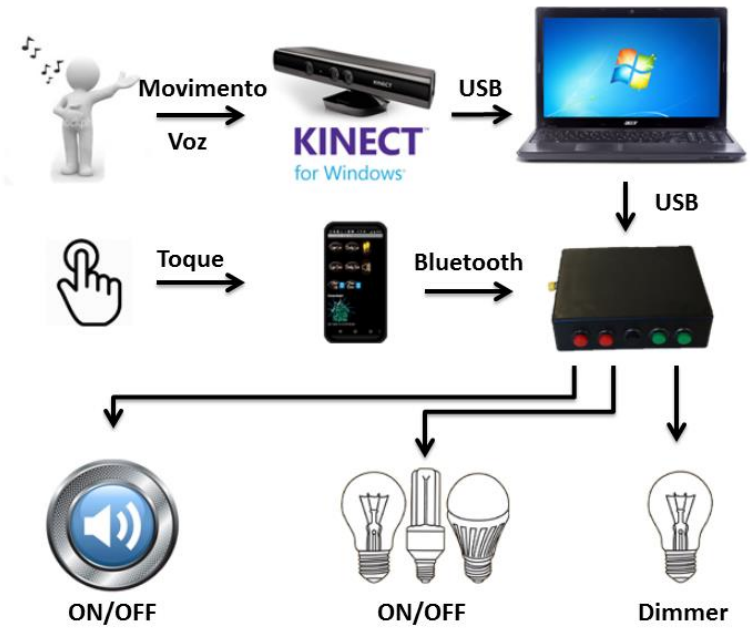

Figura 1.1. Arquitetura do projeto.

1.1 Justificativa do Trabalho

O motivo deste trabalho vem da curiosidade pelas novas tecnologias que podem impactar o mundo e pela necessidade de soluções no mercado que sejam complementares às que hoje estão disponíveis.

1.2 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de automação residencial que possa ser controlado pelas mais diferentes formas de controles possíveis, com ênfase nos controles de Interface Natural do Usuário, sem que um controle interfira em outro e todos funcionem simultaneamente.

1.3 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho foi dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a parte de introdução do trabalho, podendo ser visto também a justificativa. Já no segundo capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica e aborda as principais tecnologias utilizadas durante o trabalho. O terceiro capítulo apresenta os principais tópicos do desenvolvimento do protótipo. No quarto capítulo estão os resultados e as discussões sobre o trabalho, no quinto capítulo são abordadas as conclusões e no sexto e último capítulo as referências bibliográficas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Microsoft Kinect

O Kinect, primeiramente, é uma amostra de como empresas gigantes como a Microsoft inovam e criam negócios de bilhões de dólares. Ele não foi criado como um único produto isolado, por apenas uma equipe, ele foi fruto da colaboração de várias equipes combinados com anos de pesquisas da Microsoft e algumas aquisições de tecnologias, transformando assim em um produto real (ROSOFF, 2011).

Uma interessante informação é que o projeto que veio a ser o Kinect iniciou com um propósito: não ter mais controle para o *console* de games Xbox, como uma forma de rebater um de seus principais concorrentes, a Nintendo, que fazia sucesso na época com o Nintendo Wii. Outra informação interessante é que o nome do projeto inicialmente era Natal, em referência a cidade brasileira onde o diretor de inovação do Xbox Alex Kipman nasceu, sendo um dos maiores responsáveis do surgimento do Kinect (ROSOFF, 2011).

A base tecnológica da visão computacional veio da startup israelita PrimeSense, que licenciou o design do hardware e do chip (Figura 2.1) utilizado no sistema de detecção de movimentos do Kinect. A visão computacional funciona através do envio de luz infravermelha para dentro de um espaço, depois se utiliza dos reflexos dessa luz para descobrir como é o espaço. A então startup PrimeSense descobriu como codificar padrões nos feixes de luz, depois medindo as mudanças nesses padrões conseguiam dar uma visão do espaço. Eles também utilizaram de uma segunda câmera para detectar cores e descobriram como colocar sua tecnologia dentro de um chip de uma câmera. Seu licenciamento foi feito pela Microsoft em 2008. A PrimeSense foi adquirida pela Apple em 2013 (ROSOFF, 2011).

Apenas a tecnologia da PrimeSense não foi suficiente para o que a Microsoft estava almejando e os pesquisadores Andrew Blake e Jamie Shotton juntaram suas pesquisas em visão computacional e escreveram um algoritmo onde conseguiram que o sensor de profundidade conseguisse reconhecer e continuar reconhecendo partes especificas de um corpo humano sem ficar confuso por movimentos rápidos e mudanças de aparência, sendo muito importante para o desenvolvimento

do projeto “Desenvolvimento de sistema de controle via Interface Natural do Usuário” (ROSOFF, 2011).

Para a parte de reconhecimento de voz, que também é uma parte crucial deste projeto, a Microsoft utilizou de projetos e produtos que já vinham sendo desenvolvidos há uma década, o que ajudou muito, já que para desenvolver tudo do início demoraria muito tempo.

A versão que inicialmente foi comercializada entrou no mercado em novembro de 2010, sendo um fenômeno de vendas, com mais de cem mil unidades vendidas por dia e mais de 5 milhões até o fim do ano de 2010 (ROSOFF, 2011).

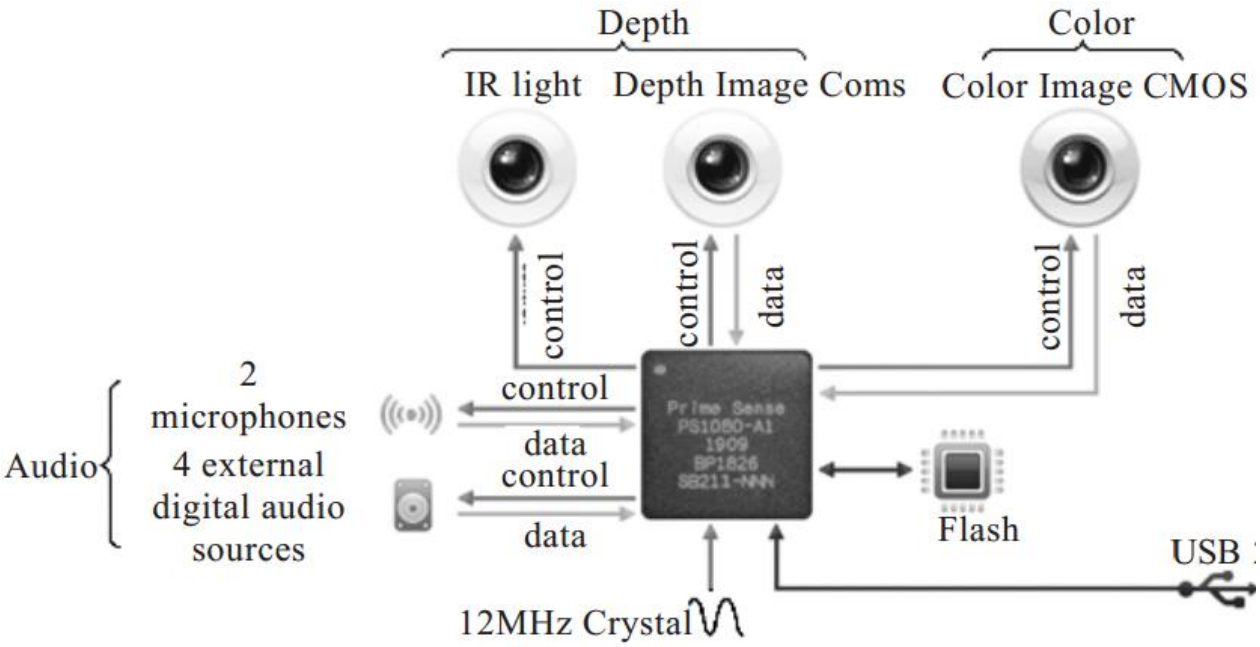

Figura 2.1. Chip da PrimeSense utilizado no Microsoft Kinect.

Fonte: ROSOFF, 2011.

2.2 Microcontrolador

O microcontrolador é o circuito eletrônico mais importante de toda a parte do hardware. Através dele é possível controlar e conectar outros circuitos, e é também nele onde insere o código de

programação do sistema, para o controle geral do dispositivo e comunicação com o supervisório. O microcontrolador PIC18F4550 da Microchip Technology, visualizado na Figura 2.2, foi o escolhido para o projeto. Sua escolha foi decorrente do número de entradas e saídas – 40 – e por ter comunicação USB, que era imprescindível ao projeto (MICROCHIP, 2009).

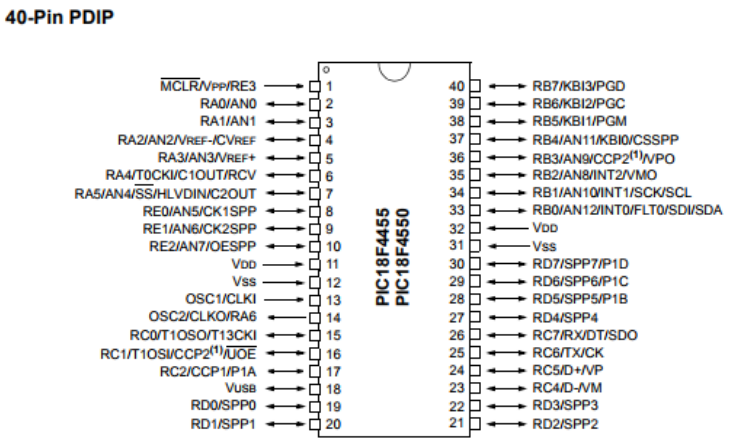

Figura 2.2. Arquitetura do microcontrolador.

Fonte: Microchip, 2009

2.3 Comunicação USB

O padrão USB (*Universal Serial Bus*) de comunicação é muito difundido e importante hoje em dia, tanto para aplicações comuns do cotidiano, como recarregar o celular, quanto para aplicações específicas, como é o caso deste trabalho. Para utilizar a comunicação USB nos microcontroladores PIC, existem 3 modos possíveis, mas foi utilizado a CDC (*Communication Device Class*). Este modo foi criado pela Microchip para auxiliar programadores e projetistas de sistemas embarcados com o intuito de migrarem suas aplicações do padrão RS-232 para USB sem intervenção a nível de software de controle.

2.4 NUI – *Natural User Interface* (Interface Natural do Usuário)

Definir NUI é difícil, mas muitas vezes quando se pensa em interfaces de usuário que são naturais e fáceis de usar, visualiza-se interfaces de usuário onde a interação é direta e consistente com nosso

comportamento natural. Exemplos de interfaces de usuário que as pessoas frequentemente se referem como naturais são as telas de toque da Apple ou usam gestos corporais para controlar o console Kinect da Microsoft. As NUI's foram chamadas de passo seguinte na evolução das interfaces de usuário. A vantagem das NUI's é que a interação do usuário é divertida, fácil e natural, porque o usuário pode usar uma ampla gama de habilidades básicas em comparação com a interação gráfica mais tradicional da interface do usuário - o que ocorre principalmente através de um mouse e um teclado (MORTENSEN, 2017).

Touchscreen, reconhecimento de voz e reconhecimento de gestos e movimentos já estão no mercado há algum tempo, possibilitando ver o impacto quando as pessoas podem interagir com a tecnologia da mesma maneira que elas interagem umas com as outras.

Até agora, sempre tivemos que adaptar aos limites da tecnologia e adaptar a forma como se trabalha com computadores para um conjunto de convenções e procedimentos arbitrários. Com a NUI, os dispositivos informáticos se adaptarão às nossas necessidades e preferências pela primeira vez e os humanos começarão a usar a tecnologia da maneira que seja mais confortável e natural.

No nível mais básico, significa que as pessoas poderão usar a tecnologia sem qualquer conhecimento ou treinamento especial. As ferramentas de computação avançada que só podem ser usadas por especialistas com habilidades altamente especializadas hoje estarão disponíveis para qualquer pessoa em um futuro não muito distante.

Ainda mais importante, a NUI significa que as pessoas que podem não ter até mesmo as habilidades de alfabetização mais básicas poderão tirar proveito de alguns dos benefícios da tecnologia digital e da era da informação. O sensor de movimento e as tecnologias de controle de voz têm o potencial de tornar os computadores mais acessíveis para pessoas com deficiências físicas e cognitivas. Um número surpreendente de pesquisadores acadêmicos estão explorando essas tecnologias de maneira nunca imaginada. No Reino Unido, por exemplo, os cientistas estão desenvolvendo robôs usando a tecnologia de detecção de movimento de baixo custo do Kinect para procurar sobreviventes em edifícios potencialmente instáveis após um terremoto. Pesquisadores em Seattle estão explorando

como Kinect pode dar aos cirurgiões um senso "virtual" de toque durante procedimentos cirúrgicos remotos (GATES, 2011).

3. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Controle e Automação Multiusuário – LABCAM do Departamento de Engenharia de Controle e Automação da Escola de Minas/UFOP. O protótipo foi desenvolvido em três etapas: (i) desenvolvimento de um programa computacional capaz de interpretar as informações fornecidas pelo Kinect e capaz de se comunicar via USB com o dispositivo de acionamento; (ii) projeto e desenvolvimento de um dispositivo de acionamento microcontrolado capaz de se comunicar via USB com o programa computacional e via Bluetooth com o smartphone, que realiza o controle de lâmpadas e/ou dispositivos eletroeletrônicos conectados a ele.

3.1 Programa computacional (Software)

O desenvolvimento do programa computacional que realiza a comunicação entre o Kinect, o computador e os dispositivos de acionamento foi desenvolvido em linguagem de programação C Sharp (C#) no ambiente de desenvolvimento Visual Studio 2012. Esse programa faz a leitura e a interpretação das informações que o Kinect captura, como por exemplo: gestos, poses e comandos de voz. De acordo com a interpretação, o programa envia dados para o dispositivo de acionamento, que associa as informações recebidas a uma determinada ação. O programa foi desenvolvido em duas partes: para a primeira parte foi utilizado a ferramenta de desenvolvimento de aplicações Windows Presentation Foundation (WPF), sendo a sua interface baseada em uma linguagem de programação denominada XAML, similar a XML, que faz com que a aplicação desenvolvida possa ser executada tanto no navegador como no Windows. Esta parte engloba: (i) recebimento e interpretação dos dados do Kinect; (ii) recebimento e interpretação de comandos tanto por gestos, movimentos, comandos de voz e botão direto no programa; (iii) parte gráfica do software. Na segunda parte, para o desenvolvimento foi utilizado o Windows Forms (WinForms), que apesar de ser menos customizável e ter menos funcionalidades comparado ao WPF, tem uma API (*Application Programming Interface*, ou em português, Interface de Programação de Aplicativos) muito simples de trabalhar e foi muito eficiente ao que foi proposto, sendo responsável pela comunicação USB e acionamento dos dispositivos (EDUARDO, 2016). O layout do programa é

demonstrado na Figura 3.1, sendo possível a visualização do esqueleto do usuário, este sendo o que o programa leva em conta para seus comandos, e a imagem em escala de cinza.

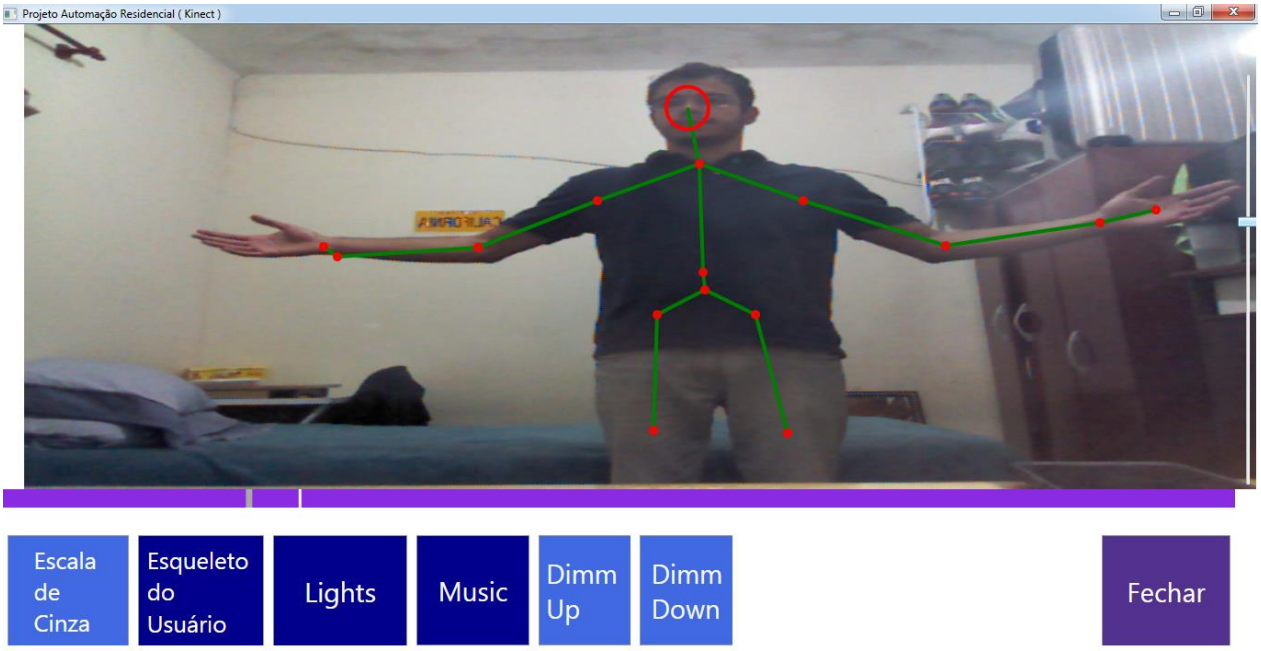

Figura 3.1. Layout do Programa Computacional (Software)

3.1.1 Parte de reconhecimento das informações e visualização gráfica

Para reconhecer e identificar essas informações se utiliza do Kinect, traduzindo em um esqueleto, em gestos e poses, utilizando-se de um conjunto de processamentos e sensores que tornam o Kinect capaz de identificar usuários. Ao criar o esqueleto, na realidade o Kinect está identificando um usuário e suas articulações e traduzindo isso para uma parte gráfica, mas na parte computacional são coordenadas X, Y e Z das articulações, e assim fazendo retas entre essas articulações, criando o esqueleto. Para o reconhecimento de diferentes tipos e tamanhos de esqueletos a Microsoft treinou uma rede neural utilizando o conceito de Motion Capture (mocap) de diversos tipos.

Essa parte de reconhecimento pode ser considerada a mais importante do Kinect, pois é utilizada para criar aplicações baseadas em movimentos, e praticamente toda aplicação que utiliza o Kinect se baseia em movimentos.

O esqueleto do usuário é formado por vinte articulações e cada uma possui sua própria coordenada X, Y, e Z. A partir delas é possível obter a descrição tridimensional do usuário. Na Figura 3.2 são expostas todas as articulações identificadas dos usuários (CARDOSO, 2013).

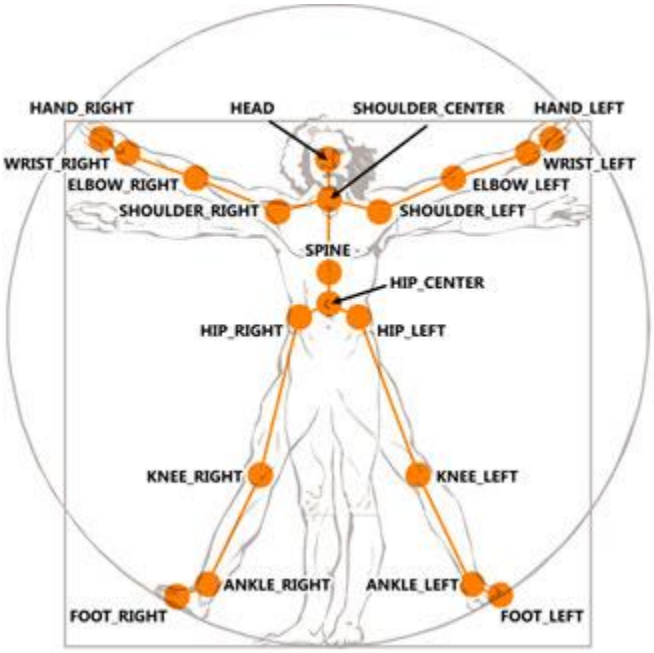

Figura 3.2. Articulações utilizadas pelo Kinect.

Fonte: CARDOSO, 2013.

Para reconhecer movimentos, gestos e poses utiliza-se das coordenadas das articulações, muitas vezes comparando as coordenadas de uma articulação com outra. O tempo de execução também é um fator muito importante para esse reconhecimento.

3.2 Aplicativo móvel para Smartphones

Para desenvolver o aplicativo móvel para smartphones, foi utilizado o programa MIT App Inventor - software de criação de aplicativos para o sistema operacional Android. Essa ferramenta possui tecnologias de programação por blocos e *drag-and-drop*, o que facilita o trabalho do programador.

No aplicativo existem botões (Ligar Luz, Deslig. Luz, Ligar Som e Deslig. Som) para controlar dois relés. Ao primeiro foi conectada uma lâmpada e ao segundo um aparelho de som, sendo

possível, em caso de acionamento pelo aplicativo, saber se a lâmpada e o som estão ligados ou desligados, devido à mudança da imagem de representação de lâmpada e som. Já nos botões de dimmer (*Dimm Up* e *Dimm Down*), é possível fazer a dimerização de uma lâmpada para controlar a intensidade luminosa. Para fazer a conexão com o dispositivo de acionamento, o smartphone deve estar com o módulo Bluetooth ligado e previamente pareado. Assim, clicando no botão que se assemelha a uma casa, é estabelecida a conexão Bluetooth e a imagem muda para uma casa com vários "fios", para representar a conectividade e possibilitar os comandos. Vale ressaltar que o alcance do dispositivo Bluetooth não é tão grande, chegando a mais ou menos 10 metros. Na Figura 3.3 é possível visualizar o aplicativo em dois momentos: na imagem da esquerda, o aplicativo está totalmente desligado, tanto a conexão quanto a lâmpada e o som. Já na imagem da direita, a conexão já foi estabelecida, e está com a lâmpada e o som ligados.

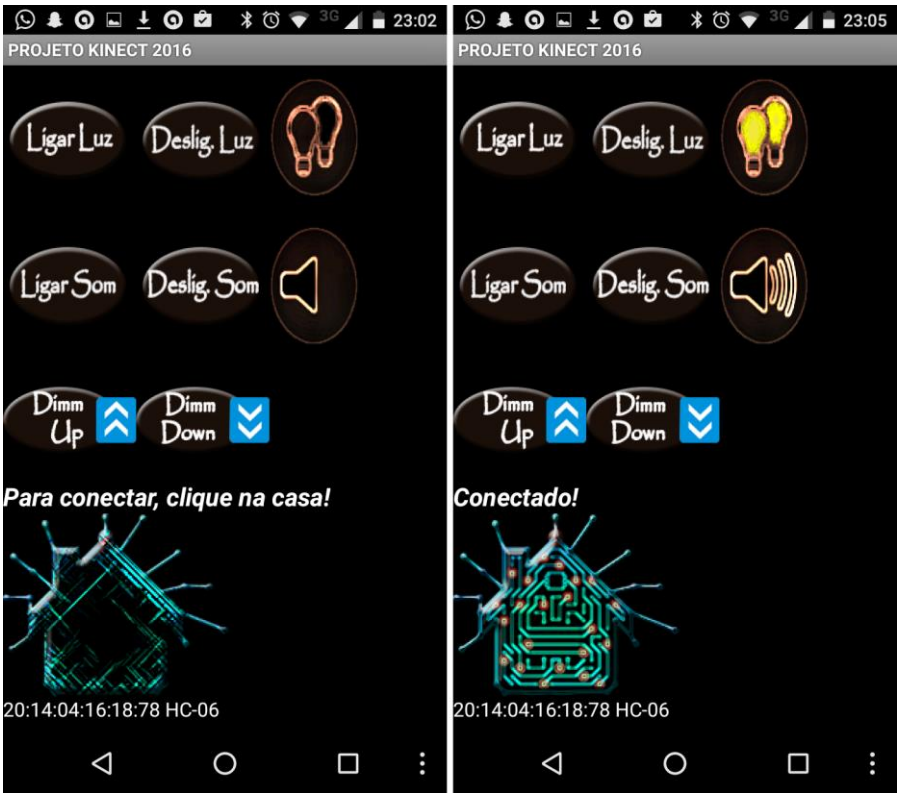

Figura 3.3. Layout do aplicativo móvel. Na primeira imagem está tudo desligado e na segunda tudo ligado.

Para facilitar o entendimento de como o aplicativo funciona, a lógica de programação em blocos utilizada em seu desenvolvimento é exposta nas FigurasFigura 3.4. Parte do código em blocos do aplicativo para Android.Figura 3.5Figura 3.6 e Figura 3.7.

Na Figura 3.4, primeiro é inicializado a interface do aplicativo e é feito uma procura no banco de dados os últimos dispositivos que foram pareados via Bluetooth com o aplicativo, no caso o módulo Bluetooth HC-06 utilizado no projeto. Se não estiver pareado, o aplicativo mostra as mensagens de “Dispositivo não pareado!” e “Desconectado”. Para induzir o usuário a fazer o pareamento, o aplicativo mostra a mensagem “Conecte a algum dispositivo!” e quando o usuário conectar, a mensagem de “Pronto!”, “Dispositivo conectado com sucesso” e fica escrito na tela do aplicativo “Conectado!”.

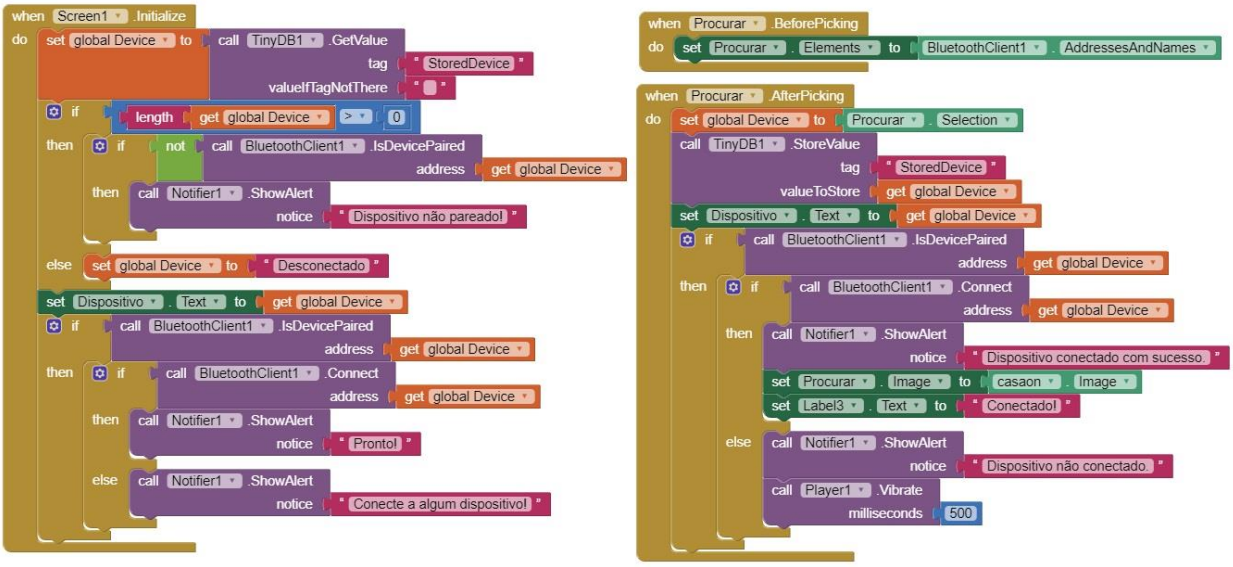

Figura 3.4. Parte do código em blocos do aplicativo para Android.

Para ligar e desligar a lâmpada (Figura 3.5) e o som (Figura 3.6) e aumentar e diminuir o dimmer (Figura 3.7), é enviado um caractere para o microcontrolador via Bluetooth. O programa do microcontrolador recebe esse caractere e já sabe qual a ação que deve tomar, pois já está programado para isso. Já no aplicativo, assim que o caractere é mandado, a imagem muda, tanto para a lâmpada quanto para o som, mas o dimmer não possui parte gráfica.

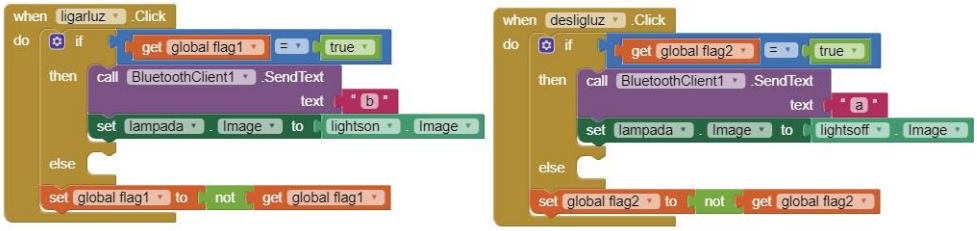

Figura 3.5. Parte de acionamento da lâmpada.

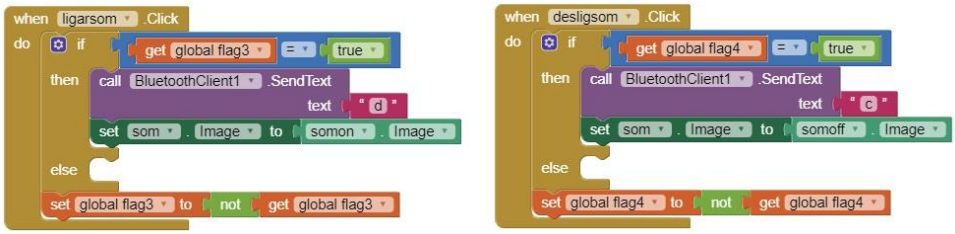

Figura 3.6. Parte de acionamento do som.

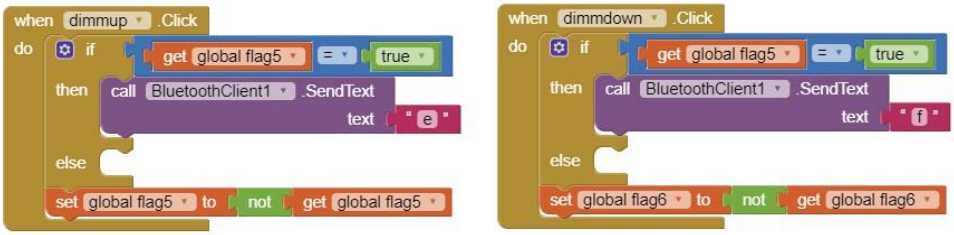

Figura 3.7. Parte de acionamento do dimmer.

3.3 Dispositivo de acionamento (Hardware)

O dispositivo de acionamento foi desenvolvido utilizando o microcontrolador PIC18F4550, dois relés para acionamento ON/OFF, TRIAC, conector USB, optoacoplador MOC3011 para isolar eletricamente os circuitos do microcontrolador e do TRIAC, optoacoplador 4N35 para realizar a detecção de passagem por zero e elementos básicos de eletrônica, como resistores, capacitores, diodos e transistores. A programação do microcontrolador foi desenvolvida em linguagem C, de modo que uma ação de acionamento é tomada de acordo com um comando recebido via USB. A placa de circuito impresso (PCI) foi projetada no software Proteus e desenvolvida no LABCAM,

utilizando o método de transferência térmica e corrosão com percloreto de ferro. Ela tem como função: (i) ligar e desligar cargas, que podem ser lâmpadas ou aparelhos eletrônicos; (ii) controlar intensidade luminosa de uma lâmpada incandescente (Dimmer); (iii) controlar um motor de passo (projeto futuro); e (iv) trocar dados e receber comandos via USB e Bluetooth.

3.3.1 Circuito do microcontrolador

A Figura 3.8 mostra todas as conexões de entrada e saída do PIC18F4550, assim como os botões, em que BRL1 é utilizado para ligar e desligar o relé RL1, BRL2 é utilizado para ligar e desligar o relé RL2, BDUP é utilizado para aumentar a potência do circuito dimmer, BDDOWN é utilizado para diminuir a potência do circuito dimmer e BSTEPM é utilizado para controlar o motor de passo (que não foi implementado nesta versão do projeto).

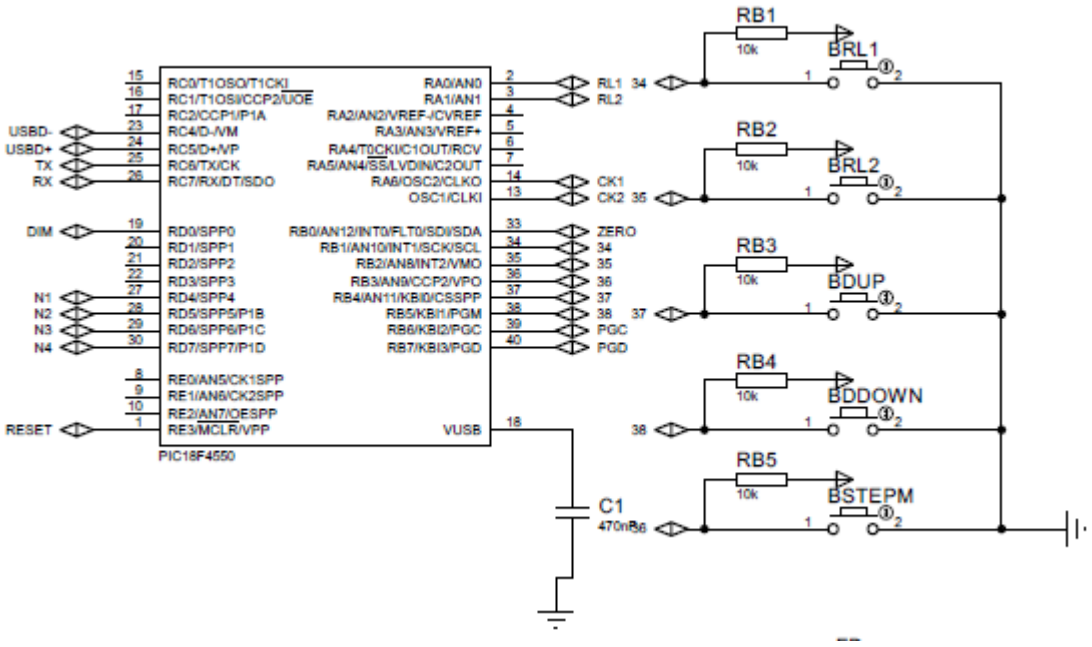

Figura 3.8. Circuito do PIC e dos botões.

3.3.2 Circuito Dimmer

Dimmers são dispositivos utilizados para variar a intensidade de uma corrente elétrica em uma carga através do aumento ou diminuição do ângulo de disparo da tensão, controlando por exemplo a intensidade de uma lâmpada.

Na Figura 3.9 é apresentado o projeto do circuito eletrônico do dimmer, em que ZERO e DIM são ligados ao microcontrolador.

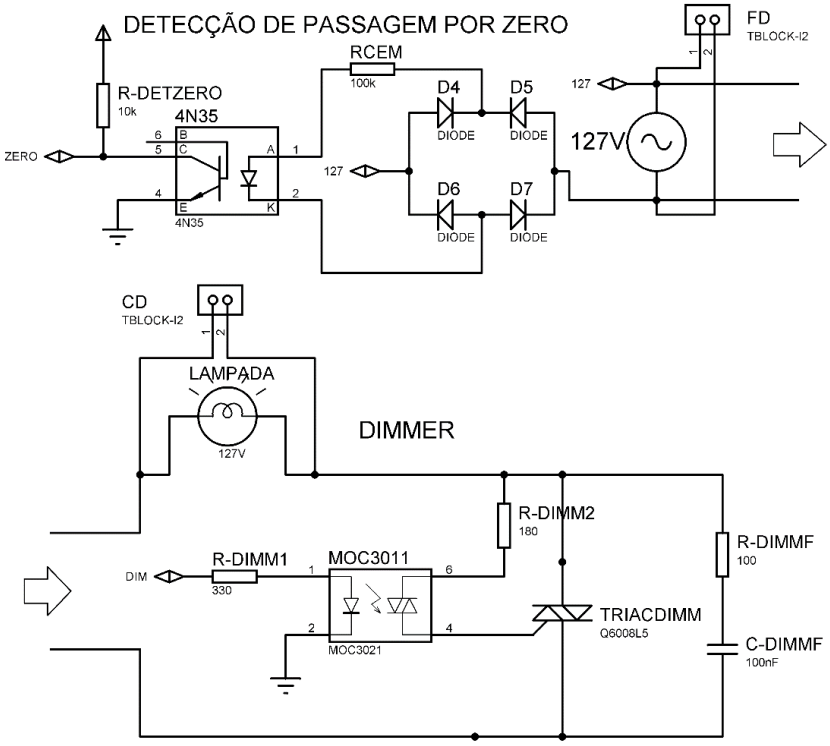

Figura 3.9. Estrutura do Dimmer.

Para a detecção da onda de passagem por zero, foi utilizado um optoacoplador com fototransistores (4N35) e um retificador de onda com quatro diodos (D4, D5, D6 e D7). A técnica de detecção de passagem por zero (zero crossing - Figura 3.10) consiste em controlar o disparo no momento em que a senoide passa pelo valor de tensão igual a zero. Com isso é possível sincronizar a interrupção de acionamento da lâmpada com a frequência da rede elétrica (BALUTA, 2016) (FONSECA, 2014)

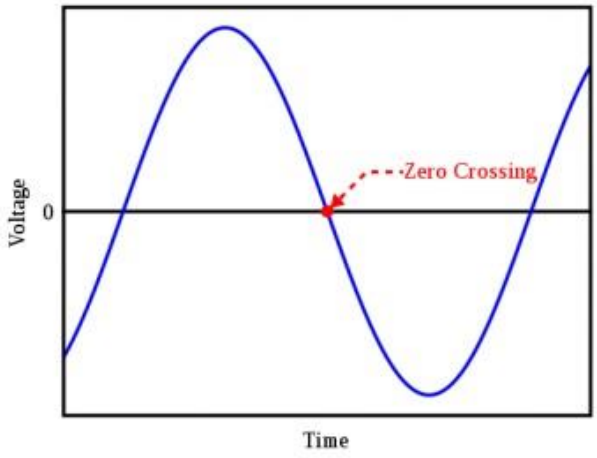

Figura 3.10. Zero-crossing.

Fonte: Baluta,2016.

A ponte retificadora de onda completa tem como função fazer com que a corrente percorra a carga (no caso, uma lâmpada) sempre num mesmo sentido, anulando a parte negativa da onda. Portanto, a tensão é sempre positiva (FONSECA, 2014).

Para fazer a dimerização em si, foi utilizado um TRIAC (TRIACDIMM) para controlar a potência transferida à lâmpada. O gatilho do TRIAC é acionado pelo TRIAC optoisolador MOC3011, que é acionado através do PIC18F4550 com referência na programação estabelecida e utilizando de informações do circuito que foi falado anteriormente.

3.3.3 Circuito On/Off Relé

Relé é um dispositivo eletromecânico que funciona como um interruptor. O relé que foi utilizado é acionado por um sinal 5V e possui um contato interno e uma bobina. A movimentação física do contato do relé ocorre quando há corrente suficiente passando pelas espiras da bobina, criando um campo magnético para atrair o contato. Quando não tem corrente passando pela bobina o contato volta para seu estado de origem por força de uma mola. O PIC sozinho não consegue fornecer

corrente suficiente para o acionamento da bobina do relé, para isso um diodo, um transistor e uma resistência são necessários. O projeto dos relés está representado na Figura 3.11.

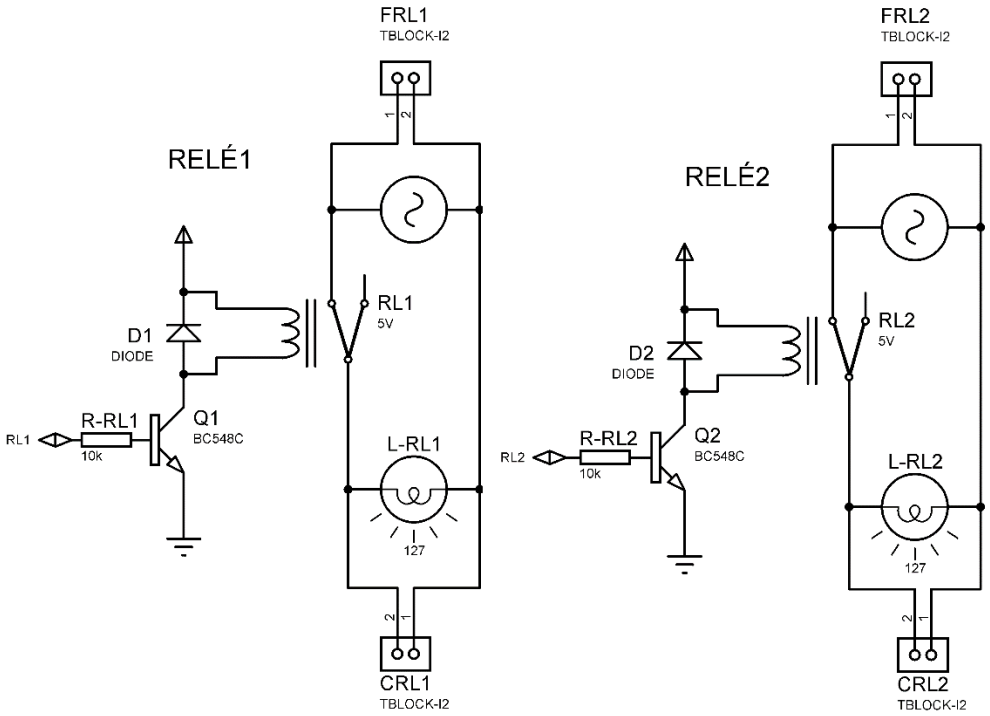

Figura 3.11. Projeto do circuito eletrônico dos relés.

3.3.4 Circuito de comunicação USB e Bluetooth

O circuito de comunicação USB utiliza quatro ligações, sendo elas: VCC (+5V), D- (Data-), D+ (Data+) e GND (Ground). Para o correto funcionamento, o módulo USB 2.0 precisa de um *clock* de operação de 48MHz mas foi utilizado um cristal de 20MHz e de programação dentro do firmware para conseguir a frequência do *clock* desejada. A circuito USB foi utilizado para energizar a PCI e também para comunicação da PCI com o software (SANTANA, 2007).

Já o circuito de comunicação Bluetooth foi utilizado para mandar e receber informações do *smartphone*. As portas RX, TX, GND e VCC do microcontrolador fazem a conexão e resistores de 1kΩ para fazer um divisor de tensão, ajustando o sinal de TX de 5V para 3,3V.

Os circuitos de comunicação USB e Bluetooth estão representados na Figura 3.12.

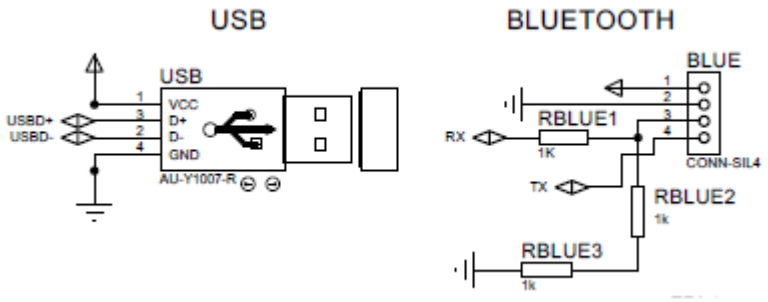

Figura 3.12. Circuito USB e Bluetooth.

3.3.5 Circuito Motor de passo

Para o circuito do motor de passo, visualizado na Figura 3.13, foi inserido uma barra de pinos com 6 conexões. Essas entradas são ligadas direto no microcontrolador, que faz o controle do controlador do motor de passo. O controlador do motor de passo é externo, não está na placa de circuito impresso. Esta parte não está em funcionamento no protótipo atual.

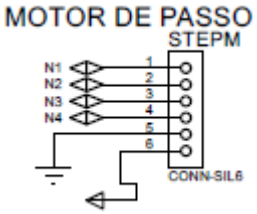

Figura 3.13. Circuito motor de passo.

3.3.6 Circuito de programação

Foi utilizado o circuito de gravação ICSP (In Circuit Serial Programming), demonstrado na Figura 3.14, para a transferência do *firmware* de programação do computador para o microcontrolador. Este tipo de circuito permite a gravação do código utilizando serial através de três pinos do PIC (MCLR - RESET, PGC e PGD) pelo método ICSP, sem que seja necessário retirar o

microcontrolador do sistema cada vez que for realizada uma nova gravação, evitando danos físicos ao microcontrolador e à PCI, e também simplificando o processo (GOMIDE, 2015).

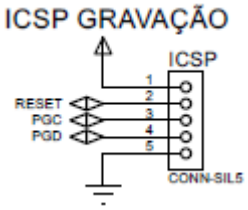

Figura 3.14. Circuito de gravação ICSP.

3.3.7 Desenvolvimento teórico da placa de circuito impresso

A Figura 3.15 apresenta a visualização virtual da PCI feito no software Proteus. Já a Figura 3.16 apresenta o projeto 3D da PCI, sendo possível ter uma ideia de como realmente ficaria.

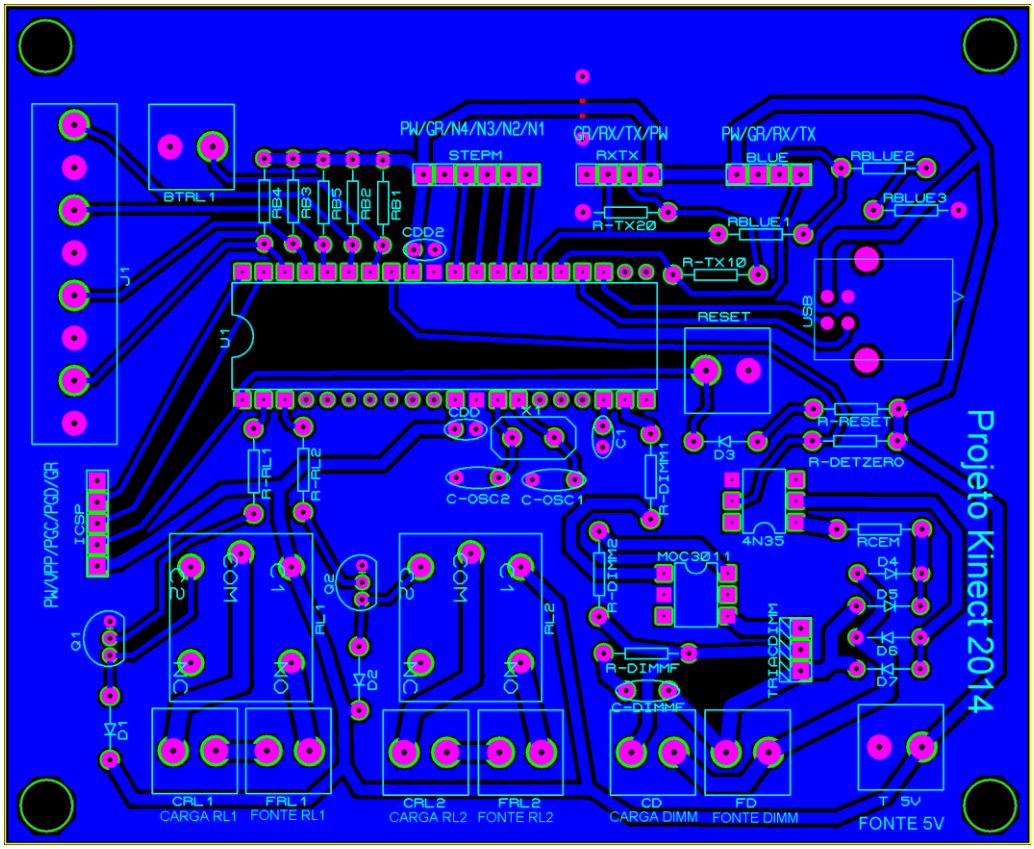

Figura 3.15 - Visualização Digital da PCI

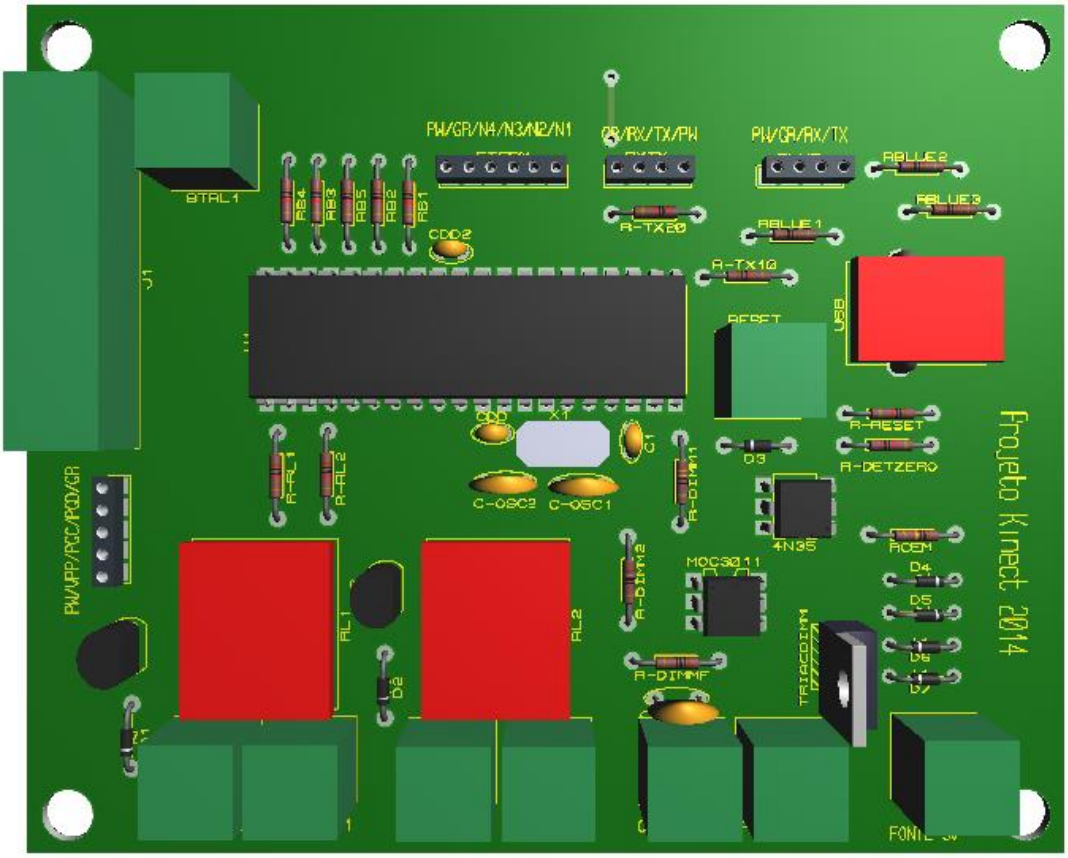

Figura 3.16. Visualização 3D da PCI

3.3.8 Desenvolvimento prático da placa de circuito impresso

Finalizados os projetos teóricos, foi desenvolvida a PCI, feito os furos e acoplado todos os componentes necessários para seu correto funcionamento. A Figura 3.17 mostra o projeto executado.

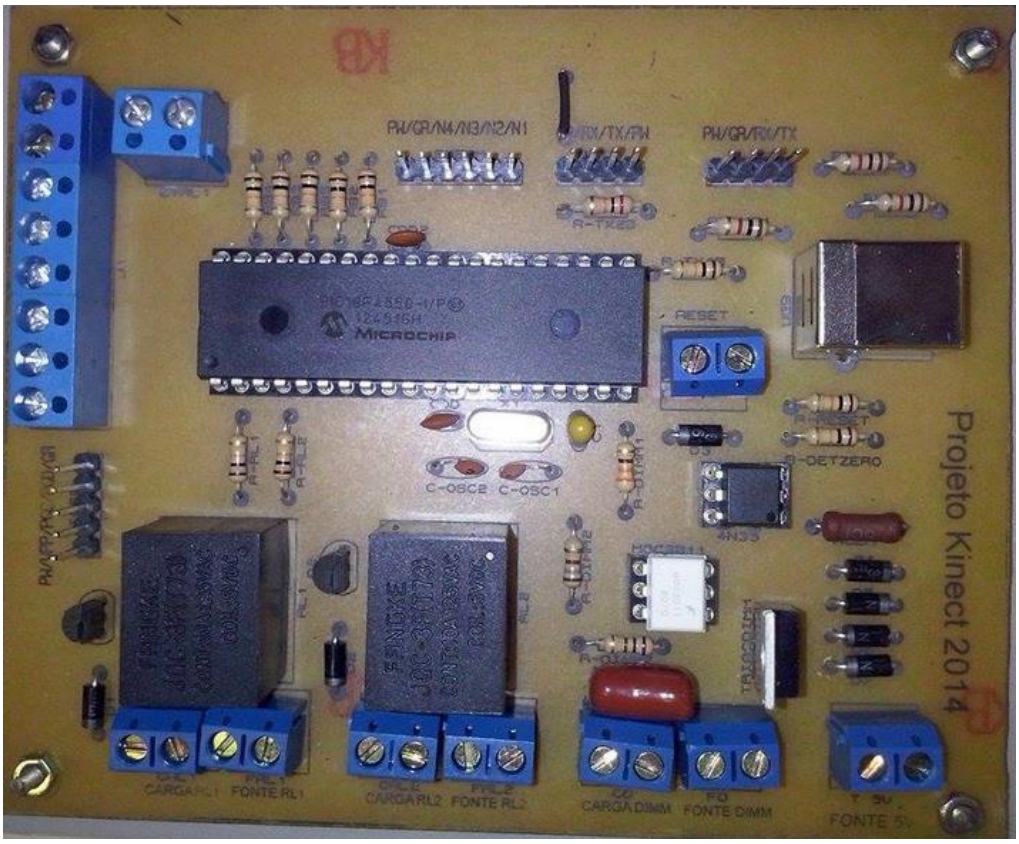

Figura 3.17. PCI pronta

3.4 Desenvolvimento do protótipo

Foi utilizada uma caixa plástica de 16x11cm para o desenvolvimento do protótipo. A PCI ficou alocada dentro da caixa, e foram colocados 5 *push-buttons*, puxando os fios de conexão dos botões diretamente da PCI. Dois para acionamento dos relés ON/OFF, dois para controlar o *dimmer* e um para controle de um motor de passo (que será implementado em projetos futuros). O protótipo possui também na lateral um *push-button* na cor amarela, para o *Reset* do programa do microcontrolador. Foi feita uma abertura também na lateral para a passagem do cabo USB de conexão e alimentação, e também dos fios utilizados para programação do microcontrolador, sendo possível reprogramá-lo sem precisar abrir a caixa. O protótipo também possui uma entrada para uma fonte 5V para alimentação, sendo possível acionar os dispositivos apenas pelo protótipo, sem

a utilização do cabo USB, Kinect e software. Nessa configuração, o controle via aplicativo móvel continua funcionando. A Figura 3.18 mostra a caixa aberta, com destaque para as conexões realizadas. Já na Figura 3.19 é possível observar o protótipo pronto.

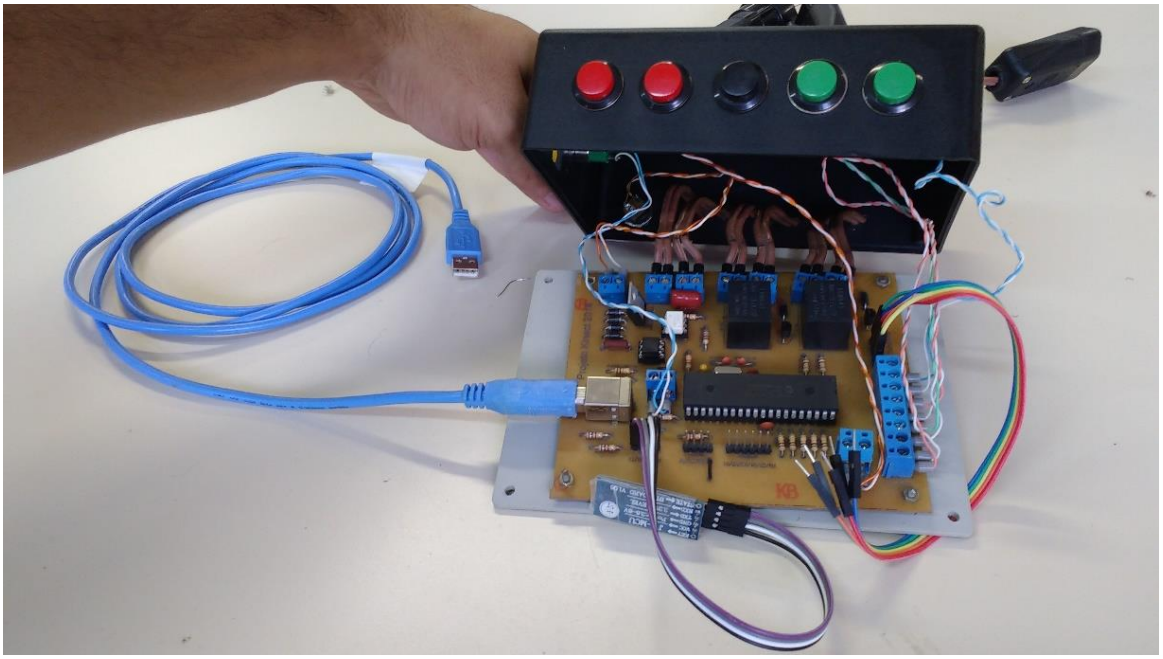

Figura 3.18. Ligações

Figura 3.19. Protótipo pronto

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo de um sistema de Automação Residencial via NUI foi desenvolvido com sucesso e apresentou resultado satisfatório ao que foi proposto.

Na parte de controle por comandos de voz, o funcionamento depende muito da pronúncia em inglês do usuário, sendo possível adaptar o grau de confiança do comando de voz de 0 a 1. Quanto mais próximo de 0, maior a probabilidade de algum equipamento ligar com o comando, mas também com uma conversa paralela, já que palavras parecidas podem acionar o dispositivo. Por outro lado, quanto mais próximo de 1, melhor tem que ser a pronúncia do usuário para acionar os equipamentos, e o problema do acionamento devido a conversas paralelas é eliminado. Por ser em inglês, de acordo com os testes as pessoas que não tem uma boa pronúncia acabam falhando em algumas tentativas de acionamento.

O controle por movimentos e gestos se mostrou bem preciso quando o sistema reconhece o esqueleto do usuário e este faz o movimento certo. Quando tem mais de uma pessoa na imagem e tem pessoas entrando e saindo do campo de visão do Kinect, o sistema por algumas vezes ficou confuso, porque ele capta apenas um esqueleto por vez, mas não chegou a acionar nada que não tenha sido solicitado, já que os movimentos programados não são movimentos tão usuais no dia a dia.

Tanto o controle por botões no protótipo quanto por aplicativo no *smartphone* demonstraram falhas quando acionados rapidamente, mas com *delay* de mais de 2 segundos mostraram funcionamento correto.

O controle através do programa computacional foi o que mostrou melhor funcionamento, mesmo com acionamento mais rápido, respeitando apenas o *delay* do equipamento ligar e desligar, sendo efetivo em todas as tentativas.

Todos os controles apresentaram funcionamento simultâneo, com baixa incidência de *delays,* sendo estes no máximo de 1,5 segundos, tornando possível controlar um mesmo equipamento por meio de diferentes aplicativos e tecnologias.

Da forma como o projeto foi desenvolvido, adicionar novos comandos de voz, movimentos ou gestos não é uma tarefa complicada, assim como adicionar mais circuitos de relés ou circuitos *dimmers*. Isso agrega muito valor ao projeto, já que nesse formato ele possui uma boa escalabilidade, o que é desejável em todo sistema, rede ou processo.

A Figura 4.1 mostra o protótipo em funcionamento, com o controle ON/OFF de uma luminária, uma caixa de som e a dimerização de uma lâmpada. O controle pode ser efetuado pelo software, por movimentos, comandos de voz, acionamento por botoeira direto no protótipo e pelo aplicativo móvel.

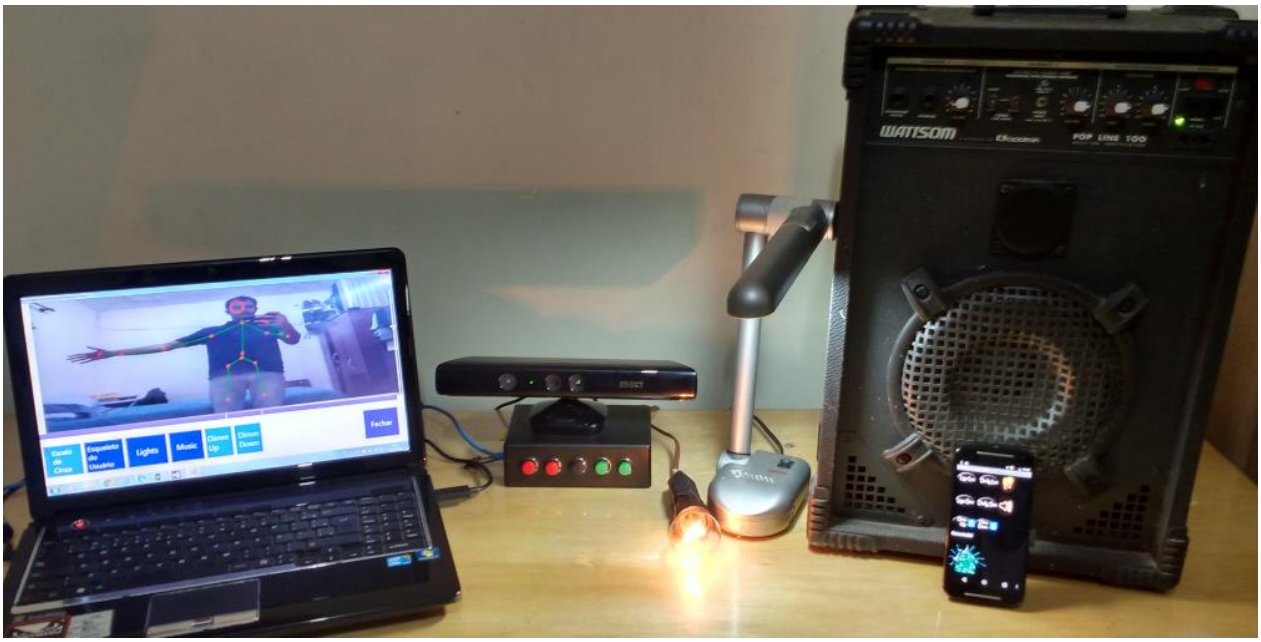

Figura 4.1. Protótipo em funcionamento.

Foram feitos testes para averiguar a precisão dos diferentes tipos de acionamentos. Foi utilizado *delay* de 2 segundos entre os acionamentos e em um ambiente sem muitos ruídos. Foram utilizadas 20 repetições para cada comando do sistema. Para os testes de comandos de voz utilizou-se grau de confiança de 0.5. Neste grau de confiança ainda apresenta acionamentos errôneos quando existem muitos ruídos no ambiente, como uma televisão ligada e pessoas conversando. Os comandos de voz utilizados para fazer os testes e para controlar o sistema estão listados na Tabela 4.1.

A Tabela 4.2. Gestos e posições que são utilizadas para controlar o sistema e para os testes. mostra os gestos e posições que são usados para controlar o sistema, bem como o resultado dos testes realizados. Já a Tabela 4.3 mostra o resultado dos testes para acionamentos manuais, via aplicativo de celular e programa computacional.

Tabela 4.1. Comandos de voz utilizados para os testes e para controle do sistema de automação residencial.

Red	Aumenta o Dimmer	20 tentativas	14 acertos
White	Diminui o Dimmer	20 tentativas	12 acertos
Lights	Liga/Desliga o relé 1	20 tentativas	14 acertos
Music	Liga/Desliga o relé 2	20 tentativas	16 acertos

Tabela 4.2. Gestos e posições que são utilizadas para controlar o sistema e para os testes.

	Aumenta o Dimmer	20 tentativas	17 acertos
	Diminui o Dimmer	20 tentativas	15 acertos
	Liga/Desliga o relé 1	20 tentativas	11 acertos

Tabela 4.3. Tabela de testes para controle Manual, Aplicativo de Celular e Programa Computacional.

Manual	Vários acionamentos	20 tentativas	17 acertos
Aplicativo Celular	Vários acionamentos	20 tentativas	20 acertos
Programa PC	Vários acionamentos	20 tentativas	20 acertos

No artigo de automação residencial com Microsoft Kinect e reconhecimento de voz feito por THYER (2015), a abordagem na forma de controle de luzes e equipamentos é um pouco diferente, fazendo a leitura dos dispositivos a serem controlados de acordo com a angulação e direção do braço do operador. Neste caso, o operador aponta para o local previamente programado de um dispositivo e este é acionado, mas caso o dispositivo não esteja no local apontado, ele continua a ser acionado. Já neste projeto, a leitura do dispositivo a ser controlado também é feita pela angulação e direção do braço, mas não faz conexão a nenhum espaço físico, e sim a determinada posição ou conjunto de posições do braço do operador. Vale destacar também que THYER (2015) utilizou o dispositivo Netduino para acionamento dos equipamentos. Já o circuito de acionamento apresentado neste trabalho foi desenvolvido de modo customizado para atender aos requisitos do sistema proposto, e ele pode ser adaptado a outras situações com muita flexibilidade.

No desenvolvimento deste projeto, foi necessário realizar um estudo aprofundado sobre linguagens de programação (C e C#) e utilização de alguns ambientes de desenvolvimento (Visual Studio, MIT App Inventor, CCS e Proteus). A princípio, a parte de programação e testes funcionou de modo correto durante as simulações, mas na prática foram enfrentadas algumas dificuldades. Por isso, em várias fases no desenvolvimento do sistema foi necessário recorrer novamente à teoria para encontrar outras formas de abordar os problemas. Durante a parte de prototipagem física do sistema, foi observada a importância de associar a teoria com a prática, pois este trabalho envolveu várias áreas da Engenharia de Controle e Automação, tais como: Sistemas Embarcados, Eletrônica

e Programação. Portanto, apesar da teoria e da prática andarem lado a lado, elas não são iguais, mas sim complementares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de automação residencial utilizando diferentes interfaces: gestos, comando de voz, comando local, programa de computador e *smartphone*. O protótipo atendeu aos requisitos do sistema e funcionou de modo satisfatório.

Algumas ideias para implementações futuras são: (i) mudar a comunicação do software com a PCI, que é feita no projeto via USB, para ZigBee ou Rádio Frequência (RF), que não utilizam fios; (ii) a PCI já possui uma conexão para controle de um motor de passo, que pode ser adicionado ao sistema para, por exemplo, controlar a abertura de cortinas; e (iii) controle via software de fitas e lâmpadas de *LED*.

Atualmente existem muitos produtos no mercado que tem funcionalidades parecidas com as apresentadas no trabalho. Alguns tiveram muito destaque como o Amazon Echo, Google Home e Apple HomePod. Esses produtos são controladores acionados por comandos de voz, e além de conseguirem controlar outros produtos, como lâmpadas inteligentes, também são capazes de responder perguntas do usuário e facilitar tarefas cotidianas.

O Amazon Echo (Figura 5.1) utiliza de uma assistente de voz digital chamada Alexa, e possui funcionalidades como: chamada de voz e mensagens de texto, tocar músicas utilizando o Spotify, iHeartRadio, Pandora ou TuneIn, pedir uma pizza ou um Uber, escutar *audiobooks* ou livros do Kindle, adicionar alarmes, controlar dispositivos inteligentes para sua casa, como lâmpadas e termostatos, escutar as notícias diárias mais importantes de esporte ou sobre o clima, comprar e acompanhar compras na Amazon, informações de filmes, calendário e a funcionalidade mais interessante: responder perguntas do usuário, como se fosse um Google por comando de voz. (WILLMAN, 2017)

Figura 5.1. Amazon Echo.

Fonte: Google Imagens.

Os dispositivos Google Home (Figura 5.2) e Apple HomePod (Figura 5.3) surgiram depois do Amazon Echo e estão tentando conseguir seu espaço no mercado americano.

Figura 5.2. Google Home.

Fonte: Google Imagens.

Figura 5.3. Aple HomePod.

Fonte: Google Imagens.

De acordo com um relatório da eMarketer, demonstrado na Figura 5.4 mostra que o Amazon Echo reivindica 71% de participação de mercado para 24% para o Google Home. Todos os outros concorrentes, incluindo o Apple HomePod, ficam com menos de 6% do mercado em 2017. O eMarketer também analisou o uso do assistente de voz em dispositivos móveis e outros que não o segmento de alto-falantes inteligentes e deverá crescer substancialmente. No ano de 2017, 60,5 milhões de americanos irão usar Siri, Alexa, Cortana ou outro assistente virtual pelo menos uma vez por mês. Isso equivale a 27,5% dos usuários de smartphones, ou quase um quinto da população americana. Os assistentes de voz rapidamente se tornaram um serviço digital de mercado de massa. A taxa de crescimento é comparável aos primeiros anos de adoção de smartphones (KINSELLA, 2017).

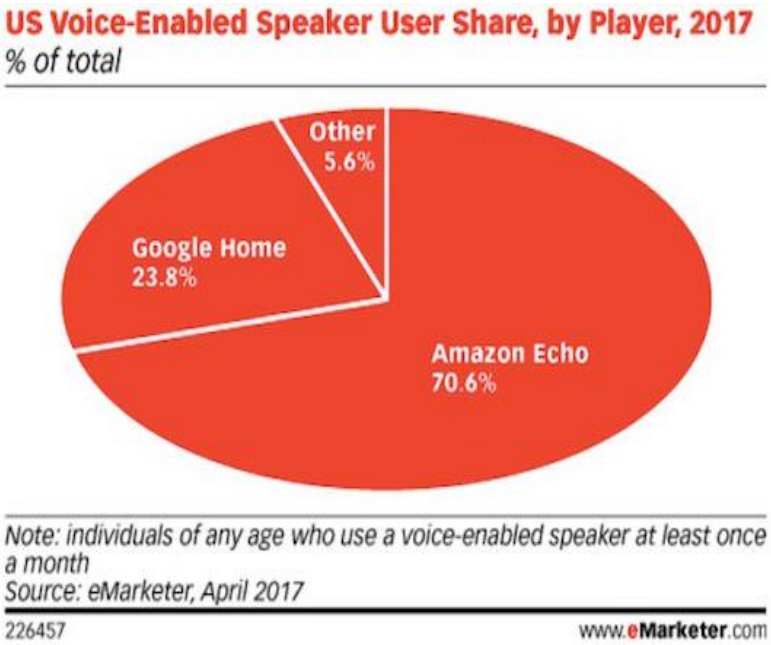

Figura 5.4. Divisão do mercado dos Estados Unidos de *Voice-Enabled Speakers*.

Fonte: eMarketer, 2017.

Uma das barreiras de entrada desses produtos em mercados onde a língua nativa não é o inglês é a Inteligência Artificial (IA) por trás dos produtos para entender o que o usuário está solicitando. Hoje a IA está muito mais avançada para a língua inglesa que para outras línguas, como a portuguesa. Assim que a IA aumentar para outras línguas, esses produtos prometem ganhar mercado em outros países também.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRAIS, M. **Computação baseada em gestos, aplicações com Microsoft Kinect.** 2012.

CARDOSO, G. **Microsoft Kinect: criando aplicações interativas com o Microsoft Kinect.** Santa Catarina: Casa do Código, p.161, 2013.

CLAYTON, S. **Step inside the Microsoft Envisioning Center.** 2013. Disponível em: <http://blogs.microsoft.com/next/2013/03/01/step-inside-the-microsoft-envisioning-center/#sm.000002qc2xh6bdevkvf3bpiw8k7ss>. Acessado em Abr. 2016.

COFRE, J., Moraga, G., Rusu, C., Mercado, I., Inostroza, R. and Jimenez, C. **Developing a Touchscreen-based Domotic Tool for Users with Motor Disabilities.** 2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations, 2012.

EDUARDO, D. **Windows Forms x WPF** - .Net Magazine 80. Devmedia.com.br, 2016. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/windows-forms-x-wpf-net-magazine-80/18771>. Acessado em 5 Abr. 2016.

LINS, V.; MOURA, W. **Domótica: Automação Residencial.** UNIBRATEC, 2010.

THYER, D. **Home Automation with Microsoft Kinect Point Cloud and Speech Recognition.** Codeproject.com, 2015. Disponível em: <http://www.codeproject.com/Articles/715858/Home-Automation-with-Microsoft-Kinect-Point-Clou>. Acessado em 10 Abr. 2016.

ROSOFF, M. **The Story Behind Kinect, Microsoft's newest Billion Dollar business.** Business Insider, 2011. Disponível em: <http://www.businessinsider.com/the-story-behind-microsofts-hot-selling-kinect-2011-1?op=1/#n-mattrick-started-the-ball-rolling-1>. Acessado em 1 Jun. 2017.

GATES, B. **The Power of the Natural User Interface.** The blog of Bill Gates, 2011. Disponível em: <https://www.gatesnotes.com/About-Bill-Gates/The-Power-of-the-Natural-User-Interface>. Acessado em 1 Jun. 2017.

MICROCHIP Technology Inc. **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet.** 2009.

SANTANA, L. **Tutorial de Implementação da Interface de Comunicação USB 2.0 utilizando o PIC18F4550.** 2007.

BALUTA, V. **Relatório de estágio obrigatório supervisionado.** CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL PEDRO BOARETTO NETO, 2016.

FONSECA, H. e ARAÚJO, K. **Controle da intensidade luminosa de lâmpada AC via Bluetooth.** 2014.

MORTENSEN, D. **Natural User Interfaces – What are they and how do you design user interfaces that feel natural?** Interaction Design Foundation, 2017. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/natural-user-interfaces-what-are-they-and-how-do-you-design-user-interfaces-that-feel-natural> Acessado em 15 Set. 2017.

WILLMAN, K. **Amazon Echo: 17 Best New Features.** TurboFuture, 2017. Disponível em: <https://turbofuture.com/consumer-electronics/The-15-Best-Features-of-Amazon-Echo>. Acessado em 15 Set. 2017.

KINSELLA, B. **35 Million Americans Will Use Amazon Alexa and Google Home Monthly in 2017.** Disponível em: <https://www.voicebot.ai/2017/05/08/35-million-americans-will-use-amazon-alexa-and-google-home-monthly-in-2017/>. Acessado em 15 Set. 2017.

GOMIDE, V. O. **Sistema Didático de Controle de Temperatura.** 78 p. Monografia (Trabalho Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

SANTANA, L. V. **Tutorial de Implementação da Interface de Comunicação USB 2.0 utilizando o PIC18F4550.** (Trabalho da disciplina Sistemas Embutidos) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.