



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



HUGO SILVA NOGUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE
ILUMINAÇÃO POR MEIO DE ARDUÍNO E PLATAFORMA ANDROID**

**OURO PRETO - MG
2018**

HUGO SILVA NOGUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE
ILUMINAÇÃO POR MEIO DE ARDUÍNO E PLATAFORMA ANDROID**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

Co-orientadores: Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves
Me. Fábio Alexandre Martins Monteiro

**Ouro Preto
Escola de Minas - UFOP
Fevereiro/2018**

N778d Nogueira, Hugo Silva.
Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Iluminação por meio de
Arduíno e Plataforma Android [manuscrito] / Hugo Silva Nogueira. - 2018.

33f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro.

Coorientador: Prof. MSc. Fábio Alexandre Martins Monteiro.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rísoli Alves.

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

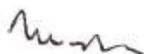
1. Microcontroladores. 2. Android (Recurso eletrônico). 3. Automação
residencial. I. Monteiro, Paulo Marcos de Barros. II. Monteiro, Fábio
Alexandre Martins. III. Alves, Luiz Fernando Rísoli.

IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

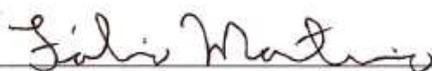
CDU: 681.5

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 01 de fevereiro de 2018, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro - Orientador



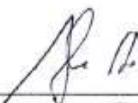
Prof. M.Sc. Fábio Alexandre Martins Monteiro – Co-Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado



Prof. Dr. Henor Artur de Souza – Professor Convidado



Angela Demattos – Enga. Convidada

Dedico este trabalho à minha família, meus pais, Ronaldo (*in memoriam*) e Carmem, por todo amor, carinho, incentivo e apoio durante toda a minha vida, e ao meu avô Antônio (Vô Nogueira), pelos ensinamentos, fé e confiança demonstrada.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus, por me trazer a certeza diária de que nunca estou sozinho.

À minha mãe, meu eterno amor, por me apoiar em todas as minhas decisões e me dar toda a estrutura necessária para construir quem hoje sou. Pela confiança, incentivo e amor, fundamentais para me dar a força diária de seguir em frente.

Aos meus avós, por terem estado ao meu lado em todos os instantes. Vó Zely, que mesmo não estando presente neste momento, me presenteou sempre com as palavras mais certas e sinceras. À vó Cida, por compreender minha ausência nos mais diversos momentos, por me apoiar e sonhar meu sonho, sempre em suas orações. Ao Vô Nogueira, por me apresentar os mais valiosos ensinamentos que possa existir, a honestidade e o caráter. Por cada momento que me trouxe uma palavra experiente de incentivo, de conhecimento e por estar, em todos os momentos, caminhando ao meu lado. Amo todos vocês.

A todos os meus tios e primos que estiveram, mesmo que distantes, juntos de mim me mostrando que este era o caminho certo.

Aos meus amigos, em especial à Celina, Douglas, Josimar, Lucas e Maíra. Sem vocês, certamente tudo seria muito mais difícil.

Aos meus orientadores, por me mostrarem o caminho e pelo incentivo em cada conversa e dúvida nestes anos todos.

Aos professores do curso de Engenharia de Controle e Automação, pelo conhecimento de qualidade.

À toda equipe da Pró-reitoria de Graduação, em especial ao NAP e à Hermê. Poder dividir com vocês todas as minhas manhãs me trouxe muito conhecimento e experiência. Valeu a pena cada momento.

À equipe do Laboratório de Automação Predial, em especial ao Rispoli, Paulo Monteiro e Diógenes. Vocês foram fundamentais para a escolha de qual caminho seguir.

À querida República Tira Mágoa, com todos os amigos que esta casa me trouxe. Contar com vocês em todos estes anos tornou esta caminhada mais leve.

Aos demais amigos de OP, especialmente ao Maycon e ao Sérgio, este curso sem vocês não seria o mesmo.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

As residências inteligentes e sistemas domóticos tem atraído crescentes investimentos, principalmente quando a questão em pauta se trata de conforto, segurança e comodidade. Sistemas domóticos capazes de oferecer um nível simples na automação de residências atingem, em uma grande maioria dos casos, um público de classe alta. Com a grande difusão de aparelhos móveis, tais como smartphones e tablets, tem-se buscado novas formas de integrar tais equipamentos aos sistemas de automação. Aliado à necessidade de aproximar os sistemas ao dia a dia dos alunos do Laboratório de Automação Predial da Universidade Federal de Ouro Preto, buscou-se desenvolver um sistema automatizado de baixo custo utilizando plataforma Android, e, em uma conexão *bluetooth* com um Arduíno MEGA, realizar o controle de um sistema de luminárias disponibilizado para estudos de luminotécnica, instalações elétricas, automação predial e outras. Propor soluções para estes anseios que sejam de baixo custo, principalmente utilizando plataformas de código aberto, é o caminho para que existam também nas residências e em outras instalações prediais algum nível de automação. Na conexão entre o Android com o Arduíno fez-se necessária a criação de um aplicativo, desenvolvido em uma plataforma *open source*, de programação por blocos em português, da Google denominada App Inventor. A programação do Arduíno, que também utiliza softwares de código aberto, garante a diminuição no custo do projeto. A arquitetura do projeto domótico proposto é suficiente em atender aos objetivos traçados, gerando funcionalidade a baixo custo e objetividade no desenvolvimento e aplicação do sistema.

Palavras-chave: Arduíno, Android, Domótica, sistema domótico, App Inventor.

ABSTRACT

As smart homes and home automation systems have been attracting investments, especially when the main issue is about comfort, safety and convenience. Home automation systems are capable of offering a simple number of home automation, but in most cases, only high-class public are affected. With the great growth in the use of mobile devices, such as smartphones and tablets, we have been looking for new ways to integrate such equipment to automation systems. In addition to the necessity of bringing the systems up to date for the students of the Automation Laboratory of the Federal University of Ouro Preto, a low-cost automated system working on Android was studied, and in a bluetooth connection with a MEGA Arduino, we were able to control a lighting system available for lighting engineering, electrical installations, building automation and others. Proposing solutions to these low-cost cravings, especially using open source platforms, is the way we are following to apply some level of automation in homes and other building facilities. With the connection between Android and Arduino, it was necessary to develop a mobile app, developed in a Google open source platform called App Inventor. Arduino programming, which also uses open source software, ensures that the cost of the project is reduced. The established architecture is suitable so we can reach the defined goals, generating the functionality at low cost and activity without development and application of the system.

Keywords: Arduino, Android, Home Automation System, App Inventor

LISTA DE ABREVIATURAS

AD	- Analógico/Digital
App	- Aplicativo
C	- Comum
EEPROM	- Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
GND	- Filtro graduado de densidade neutra
IDE	- Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IN1	- Input 1
IN2	- Input 2
L1	- Lâmpada 1
L8	- Lâmpada 8
LAP	- Laboratório de Automação Predial
MIT	- Massachusetts Institute of Technology
NA	- Normalmente Aberto
NF	- Normalmente Fechado
PC	- Computador Pessoal
PWM	- Pulse-Width Modulation
RISC	- Computador com um conjunto reduzido de instruções
SPI	- Serial Peripheral Interface
UFOP	- Universidade Federal de Ouro Preto
USB	- Universal Serial Bus
VCC	- Voltagem em corrente contínua
WYSIWYG	- What You See Is What You Get

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura do sistema	15
Figura 2 – Arduino Mega	17
Figura 3 - Exemplo de código fonte Arduino.....	18
Figura 4 - Módulo <i>Bluetooth</i> HC06.....	19
Figura 5 - Pinos dispositivo HC06	19
Figura 6 - Módulo relé 8 canais.....	20
Figura 7 - Pinagem módulo relé	20
Figura 8 - Exemplo diagrama de blocos App Inventor	22
Figura 9 – Esquema sistema protótipo	24
Figura 10 – Sistema protótipo 1	24
Figura 11 – Sistema protótipo 2	25
Figura 12 – Interface Aplicativo.....	26
Figura 13 – Aplicativo: aviso <i>bluetooth</i>	27
Figura 14 – Intertravamento botões L1 a L8	27
Figura 15 – Aplicativo: L1 acesa.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de custos do modelo.....	30
---------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos.....	13
1.2	Estrutura do Trabalho.....	13
2	SISTEMA DE CONTROLE	15
2.1	Arquitetura do Sistema.....	15
2.2	Dispositivo móvel - Android.....	16
2.3	Arduíno	16
2.4	Módulo <i>Bluetooth</i> HC06.....	18
2.5	Módulo Relé – 8 canais.....	19
2.6	Cargas elétricas – Lâmpadas.....	21
2.7	App Inventor	21
3	DESENVOLVIMENTO	23
3.1	Montagem dos componentes.....	23
3.2	Interface do aplicativo.....	25
4	RESULTADOS.....	29
4.1	Testes realizados	29
4.2	Custos do modelo.....	30
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

O mercado de imóveis tem passado por uma desaceleração no país. Contudo, quando a questão é conforto, segurança e comodidade, a exigência por parte dos clientes é um fator que deve ser aperfeiçoado. É justamente neste contexto que a Domótica vem ganhando espaço em projetos de habitação, de acordo com as mais diversas aplicações.

Segundo Melo e Massuchini (2013), a Domótica é uma ciência da Automação Residencial, e, além de completá-la, agrega outras ciências, como a Engenharia Elétrica, Arquitetura, Engenharia de Computação, Sociologia e outras, suprimindo necessidades e diminuindo ao máximo o contato com dispositivos nas residências.

Para Sgarbi e Tonidandel (2006), o significado de Domótica está relacionado à instalação de tecnologia em residências, melhorando a qualidade de vida, aumentando a segurança e gerindo o uso racional dos recursos disponíveis aos seus habitantes.

As residências inteligentes e os sistemas domóticos têm atraído crescentes interesses, visto que possibilitam uma interação supervisionada, ou não, de dispositivos eletrônicos com a residência, gerando uma interação com os usuários, com o meio físico e executando as mais diversas possibilidades de tarefas.

A implementação da Domótica normalmente é voltada para um público de alta renda, porém, as recentes pesquisas e o desenvolvimento nesta área podem viabilizar sistemas de baixo custo, chegando a alcançar um maior público, não necessariamente privilegiado em termos econômicos.

Com a grande difusão de aparelhos móveis, em especial os smartphones e tablets, tem-se buscado novas formas e métodos de empregar tais aparelhos em sistemas domóticos.

Visando tecnologias de baixo custo, Roberts (2011) diz que vários componentes novos são utilizados para diminuir os custos de projetos, um deles é o microcontrolador Arduino.

A integração do Arduino com o sistema Android dos dispositivos móveis permite a criação de uma gama de possibilidades e projetos. Para Monk (2014), apesar de o Arduino ser constituído de diversos circuitos eletrônicos que permitem funções variadas, como o controle de equipamentos, o mesmo pouco tem a oferecer quanto à interação com o usuário ou à conexão sem fio. Já o Android oferece diversos recursos de interação com o usuário, mas nenhuma conexão direta com circuitos eletrônicos. Por outro lado, a combinação entre os dois permite a realização de grandes projetos.

É nesse contexto atual, que neste trabalho propõe-se a criação de um aplicativo Android que funcione em conjunto com um Arduino, para realizar o acionamento de um sistema de iluminação por rede sem fio de baixo custo. Tal sistema fará parte do acervo de estudos e de demonstrações do Laboratório de Automação Predial (LAP) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de controle de iluminação remoto de baixo custo via plataforma Android, utilizando Arduino.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um projeto de instalação elétrica com cargas de iluminação capaz de receber automação;
- Desenvolver um projeto de automação para acionamento das cargas de iluminação via dispositivo móvel;
- Desenvolver um aplicativo Android para realizar a comunicação por rede sem fio ao sistema de acionamento das cargas.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está desenvolvido em cinco capítulos, tendo como base a apresentação do objetivo e o método para elaboração do sistema domótico.

No capítulo 1, é apresentada uma breve introdução sobre Domótica, sistemas com Arduino e plataforma Android. Além disso, a enumeração dos objetivos e indicada a estrutura do trabalho.

Em seguida, no capítulo 2, é realizada a revisão bibliográfica acerca do tema estudado, objetivando o levantamento e o entendimento dos materiais e dos métodos a serem utilizados no projeto, assim como o sistema de controle.

No capítulo 3 apresenta-se o processo metodológico adotado na pesquisa, bem como a implementação do sistema, montagens e esquemas elétricos.

No capítulo 4, discute-se os resultados encontrados, analisa-os e compara-os com o objetivo traçado. E por fim, o capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

2 SISTEMA DE CONTROLE

Neste capítulo é abordada a revisão bibliográfica acerca da definição dos hardwares a serem utilizados, assim como os softwares e linguagens necessários para o desenvolvimento do projeto.

2.1 Arquitetura do Sistema

Sistemas domóticos são constituídos pelos controladores dos dispositivos, um servidor e pela interface de controle com o usuário. Para Euzébio e Mello (2011), os controladores possuem a função de gerenciamento dos eletroeletrônicos da residência. Os servidores realizam a interação entre a interface de controle e o controlador. As interfaces, por sua vez, são aquelas responsáveis por fazer a comunicação, seja ela por qualquer meio, com o servidor.

Na figura 1, tem-se o sistema implementado, que compreende um dispositivo móvel celular conectado, via *bluetooth*, a um dispositivo JY-MCU HC-06 (dispositivo de conexão *bluetooth*). Este dispositivo realiza comunicação a um Arduino Mega, que, por sua vez, gerencia o módulo de relés de 8 canais, acionando ou desligando as cargas ligadas ao circuito elétrico.

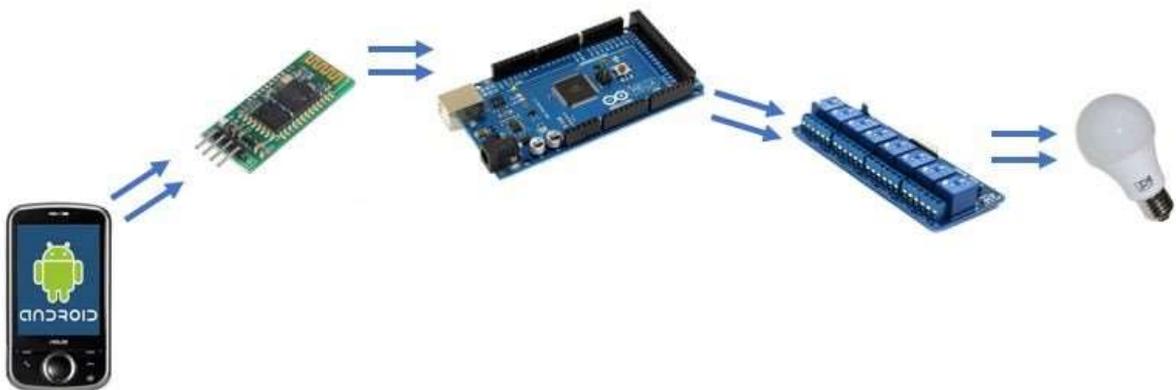


Figura 1 – Arquitetura do sistema

No sistema implementado destaca-se, na constituição de um sistema domótico, que o dispositivo móvel, juntamente com o Android, compreende a interface de controle com o usuário. Já o Arduino MEGA, juntamente com o módulo HC06, constituem o servidor. Por fim, tem-se o módulo *bluetooth* como controlador do dispositivo, acionando as cargas elétricas. O dispositivo a ser controlado são as lâmpadas.

2.2 Dispositivo móvel - Android

O Android, de acordo com Euzébio e Mello (2011), é um sistema operacional para dispositivos móveis, desenvolvido pela Google e outras empresas que juntas formam a *Open Handset Alliance*. Seu desenvolvimento trata-se de um projeto aberto e possui colaboração dos mais diversos fabricantes de dispositivos móveis, em consequência, está disponível em uma elevada gama de dispositivos, como tablets, telefones inteligentes e outros. O projeto do Android visa otimizar o aproveitamento das telas sensíveis ao toque, e a capacidade de processamento, e possibilita a realização de tarefas com complexidade similar às realizadas em computadores pessoais.

O sistema operacional Android teve como inspiração o funcionamento do sistema operacional Linux. Contudo, seu funcionamento é similar a outros sistemas como o Windows, possuindo funções de controle e de gestão de processos operacionais de aplicativos e hardwares. A facilidade da sua utilização por parte do usuário e a garantia de um funcionamento perfeito do equipamento convergem como o objetivo principal do software (NOVATO, 2014).

São diversas as versões do Android encontradas no mercado, que se diferenciam pela aparência e funcionalidades.

A fim de garantir que pessoas que não tenham grandes conhecimentos em programação possam desenvolver aplicativos para serem utilizados em Android, a Google desenvolveu uma ferramenta chamada Google AppInventor. Com uma interface simples e amigável, a aplicação utiliza, segundo o site da AppInventor, uma interface WYSIWYG (WhatYouSeeIsWhatYouGet). Interface esta que permite aos usuários visualizarem o resultado das aplicações na tela, com componentes visuais associados aos blocos de códigos (APPINVENTOR, 2017). Essa ferramenta é melhor explicada na seção 2.7.

2.3 Arduíno

O Arduino Mega, segundo a *Arduíno Team*, é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega2560. Pode ser alimentado pela conexão USB ou por uma fonte de alimentação externa. Possui 54 pinos que podem ser usados como entrada ou saída digitais. Estes Pinos operam em 5 V, onde cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 40mA. Cada pino possui resistor de pull-up interno que pode ser habilitado por software. Alguns desses pinos possuem funções especiais:

a) PWM: 0 a 13 pinos podem ser usados como saídas PWM (Pulse-Width Modulation) de 8 bits.

As saídas PWM, ou do português, modulação por largura de pulso de um sinal é, segundo Barr (2001), uma técnica poderosa para controlar circuitos analógicos com saídas digitais de um microprocessador. A PWM é empregada em uma ampla variedade de aplicações, desde medições e comunicações até controle de potência e conversão.

b) Comunicação serial: 0 e 1 podem ser utilizados para comunicação serial. Deve-se observar que estes pinos são ligados ao microcontrolador responsável pela comunicação USB com o PC.

c) Interrupção externa: 2 e 3. Estes pinos podem ser configurados para gerar uma interrupção externa. Para interface com o mundo analógico, a placa Arduino Mega possui 6 entradas, onde cada uma tem a resolução de 10 bits. Por padrão, a referência do conversor AD está ligada internamente a 5V, ou seja, quando a entrada estiver com 5V, o valor da conversão analógica digital será 1023. O valor da referência pode ser mudado através do pino AREF. Mostra-se, na figura 2, uma placa Aduíno MEGA.



Figura 2 – Arduíno Mega

A alimentação externa do dispositivo é feita utilizando um conector Jack com positivo no centro, devendo o nível de tensão estar entre os limites de 6V e 12V. Contudo, quando alimentada a uma tensão abaixo de 7V, a tensão de funcionamento da placa tende a ficar instável, e quando alimentada acima de 12V, o sobreaquecimento do regulador de tensão da placa pode danificar componentes.

No Arduino Mega 2560, o microcontrolador utilizado é o ATMEL ATmega2560, de 8 bits e arquitetura RISC avançada. Ele conta com 256 KB de flash, 8 KB de RAM e 4 KB de EEPROM. Possui multiplicador por hardware e diversos periféricos, dentre eles 4 canais de comunicação serial, 16 entradas analógicas, 15 saídas PWM. Possui comunicação SPI, I2C e 6 pinos de interrupção externa.

A linguagem de programação utilizada no Arduino é a C++, com pequenas modificações, e conhecida por ser uma linguagem de alto nível. Para a conversão da linguagem escrita em alto nível para a linguagem de máquina, utilizamos o compilador, já integrado na IDE (ambiente de desenvolvimento) própria para Arduino, onde o código fonte é escrito. Uma importante qualidade do Arduino está na sua facilidade de programação. Na figura 3, tem-se um exemplo de código em C++ utilizado em Arduino.

```
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
}
void loop()
{
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000);
}
```

Figura 3 - Exemplo de código fonte Arduino

Nesse exemplo, o pino 13 do Arduino é definido como um pino de saída. Logo em seguida, o programa determina um sinal de saída alto, ou seja, ativado, para este pino. Aguarda-se um total de 1000 milissegundos e o sinal volta para status baixo, desativado. Aguarda-se novamente 1000 milissegundos e inicia-se a ativação do sinal novamente.

2.4 Módulo *Bluetooth* HC06

A fim de realizar comunicação do dispositivo móvel com o Arduino via wireless faz-se necessária a instalação de um módulo *bluetooth* HC06, apresentado na figura 4.



Figura 4 - Módulo *Bluetooth* HC06

O dispositivo HC06 realiza a comunicação wireless entre o Arduino e o dispositivo móvel, via serial. Seu alcance, que segue o padrão de comunicação *bluetooth*, é de aproximadamente 10 metros e dissipa uma potência máxima de 2.5mW.

Uma característica de acesso ao dispositivo é o modo de configuração escravo (slave), único modo de trabalho possível de ser operado. Este modo de acesso permite que outros dispositivos se conectem ao HC06, contudo, o próprio dispositivo HC06 não tem capacidade para se conectar a outros dispositivos.

A tensão de comunicação desse módulo é de 3.3V. Apesar de possuir uma alimentação de 5V, os pinos RX e TX utilizam apenas 3.3V nas comunicações, o que garante a necessidade de um divisor de tensão. A nomenclatura dos pinos do HC06 é notada na figura 5.



Figura 5 - Pinos dispositivo HC06

2.5 Módulo Relé – 8 canais

Um módulo relé é um hardware ideal para realizar acionamentos de cargas que exijam até 10A de corrente utilizando qualquer microcontrolador.

Ele funciona exatamente como um interruptor (chave). O born de ligação apresenta 3 conexões: uma Normalmente Fechada (NF), outra Normalmente Aberta (NA) e uma terceira Comum (C).

Um contato NF é aquele que, como o próprio nome já sugere, mantém a ligação fechada (com passagem de corrente) até que o relé seja excitado. Por outro lado, o contato NA é aquele que só fecha o circuito, permitindo a passagem de corrente elétrica, quando o relé é energizado.

Na figura 6, tem-se um módulo relé de 8 canais utilizado no projeto.



Figura 6 - Módulo relé 8 canais

A ligação do módulo pode ser observada na figura 7. Do lado esquerdo, tem-se os terminais Vcc e GND para a conexão de uma fonte externa de 5V. Pouco mais abaixo, os pinos IN1 e IN2 marcam o acionamento dos relés 1 e 2, respectivamente, que serão conectados ao Arduino. Do lado direito, apresentam-se os contatos Normalmente Fechado e Normalmente Aberto, que serão conectados às cargas elétricas, que desejam-se controlar.



Figura 7 - Pinagem módulo relé

2.6 Cargas elétricas – Lâmpadas

Ligadas na saída Normalmente Aberta de cada módulo relé, como apresentado na seção 2.5, serão ligadas 8 lâmpadas. Tais lâmpadas apresentam tensão nominal de 127V. O fio fase é ligado na saída comum do relé. Já a lâmpada fica instalada no fio de retorno, que parte da saída Normalmente Aberta do relé em direção ao circuito elétrico.

As demais características das lâmpadas podem ser variáveis, uma vez que basta ser observada a tensão e a conexão para o devido funcionamento.

2.7 App Inventor

Desenvolvido por uma parceria entre o Google e o MIT - Massachusetts Institute of Technology. O MIT-App Inventor é, segundo Ableson *et al* (2012), uma ferramenta de programação baseada em blocos, que permite o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis com Sistema Operacional Android. MIT App Inventor é disponibilizado via web e administrado pela equipe do Centro do MIT para a aprendizagem Móvel com a colaboração do Laboratório de Ciência da Computação e Inteligência Artificial do MIT e do MIT Media Lab (APP INVENTOR, 2017).

A programação utilizando o App Inventor possui como ponto positivo não necessitar de um elevado conhecimento em programação por ser bastante simples e didático. Os aplicativos são projetados em uma página web por meio de encaixe de blocos lógicos disponíveis em diversas línguas, inclusive em português. Os testes podem ser feitos por um emulador, disponível na própria plataforma, ou utilizando o próprio celular. A parte gráfica do aplicativo é montada em uma aplicação própria da página web, também através de sistemas

disponibilizados que permitem edição e configurações, à escolha do projetista. Um exemplo de programação em bloco é observado na figura 8.



Figura 8 - Exemplo diagrama de blocos App Inventor

No exemplo demonstrado na figura 8, é feita uma verificação de acionamento do botão “B_conectar”. Ao clique do botão, o código verifica se o *bluetooth* do sistema está ativado. Caso não esteja ativado, uma mensagem é impressa na tela do aplicativo dizendo: “Ative o Bluetooth!!”. Se, por sua vez, o *bluetooth* estiver ativado, a cor do texto “IndicadorStatus” mudará para a cor preta, e o texto “IndicadorStatus” será a palavra “Conectado”.

3 DESENVOLVIMENTO

O Laboratório de Automação Predial (LAP) da Universidade Federal de Ouro Preto, localizado no *campus* universitário Morro do Cruzeiro, na cidade de Ouro Preto, tem por parte de seus objetivos apoiar os estudos dos alunos nas áreas de automação predial, luminotécnica, instalações elétricas, entre outras.

Em face à necessidade de manter o laboratório sempre atualizado, a proposta deste trabalho consiste na instalação do sistema de controle de iluminação, desenvolvido via plataforma Arduino e com acesso por sistema Android, de um conjunto inicial de lâmpadas que compõe o showroom para estudo dos tipos de lâmpadas, luminância, instalações automatizáveis, ou quaisquer outros estudos possíveis.

Neste capítulo, são apresentados os esquemas de montagem e a interface de utilização do aplicativo.

3.1 Montagem dos componentes

O projeto do sistema de controle de iluminação foi realizado em consideração às características do LAP em circuito elétrico de 127V.

Da rede elétrica retira-se, por meio de uma tomada, uma ligação para o Arduino. Esta conexão de alimentação deve ser feita com uma fonte comercial que abaixe a tensão de 127V para 12V, conforme as especificações do Arduino Mega utilizado.

A instalação do código fonte no Arduino é realizada por meio da IDE própria para o sistema, criado em modo *open source*. A comunicação do Arduino com o aplicativo desenvolvido se dá por intermédio do módulo *bluetooth* HC06, alimentado por uma saída 5V do próprio Arduino, assim como uma saída referência (0V), e as portas de comunicação por onde trafega a ordem de acendimento da lâmpada.

Ligados às portas de controle do Arduino também estão os módulos relés, responsáveis por executar a ordem de acionamento enviada pelo Arduino. O módulo relé possui uma alimentação de funcionamento de 5V e apresenta, em sua outra extremidade, saídas para as

ligações das lâmpadas com alimentação 127V. Na figura 9, pode-se ver o esquema detalhado de montagem do sistema protótipo.

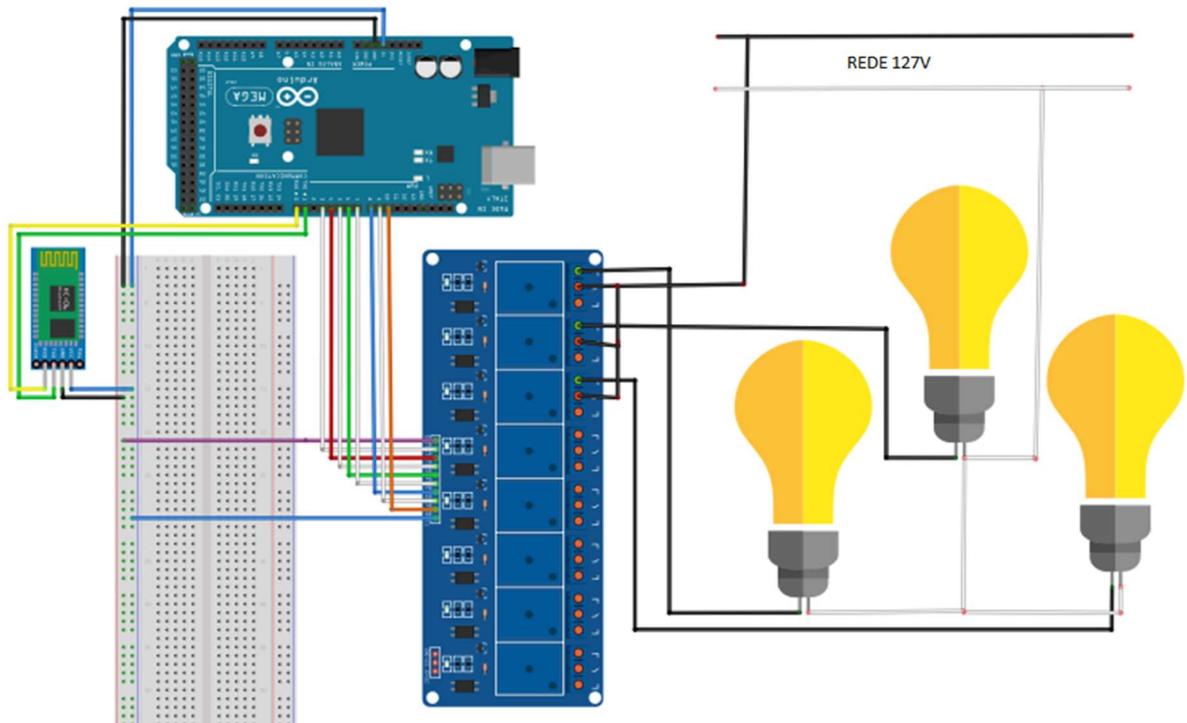


Figura 9 – Esquema sistema protótipo

Após realizadas as verificações de projeto, passou-se para a efetiva montagem do sistema protótipo, tal qual apresentado nas figuras 10 e 11.

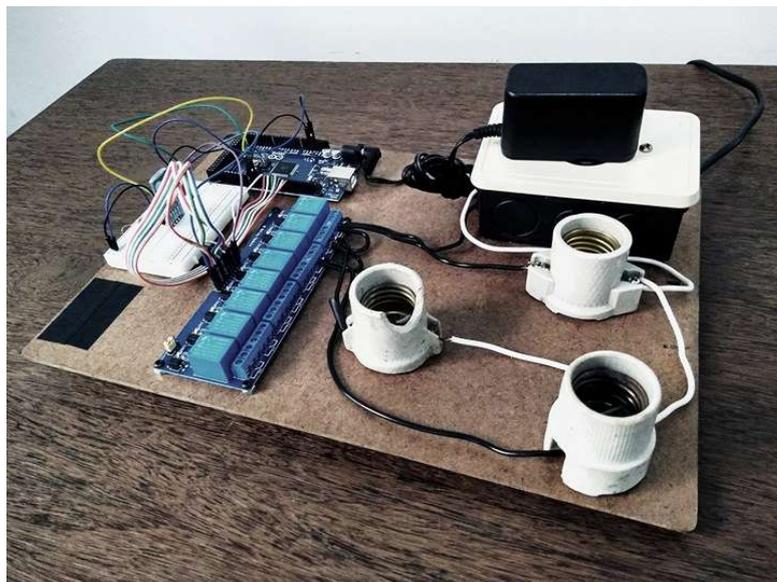


Figura 10 – Sistema protótipo 1



Figura 11 – Sistema protótipo 2

Nas figuras 10 e 11 apresenta-se um protótipo montado para a realização dos testes previamente à instalação definitiva do sistema domótico no LAP. Nesta montagem utiliza-se de apenas três lâmpadas, uma vez que o sistema de funcionamento pode ser verificado pelos leds de acionamento do módulo relé e a ligação das demais cargas pode ser feita apenas repetindo o sistema das três primeiras.

3.2 Interface do aplicativo

Levando em consideração os objetivos traçados para o projeto do sistema de controle de lâmpadas, fez-se necessário encontrar uma forma de projetar um aplicativo gratuito, de simples programação e capaz de fornecer uma interface sucinta e amigável aos usuários. A plataforma desenvolvida pela Google, denominada App Inventor, foi a escolhida, por possuir uma programação em blocos, em língua portuguesa e, principalmente, por ser de código aberto.

A interface do aplicativo desenvolvido é apresentada na figura 12. Durante o desenvolvimento optou-se pela elaboração de um layout limpo, e que a organização das funções do aplicativo ficassem de forma a facilitar o entendimento das funcionalidades, assim como, facilitar o uso intuitivo por parte do usuário.

Para iniciar a utilização faz-se necessário o pareamento prévio do módulo HC06 ao Android. Para tal, basta ativar o sistema *bluetooth* do dispositivo e escolher o módulo dentre as opções que forem apresentadas. Após realizado este procedimento, o HC06 fará parte da lista dos dispositivos para conexão do aplicativo.



Figura 12 – Interface Aplicativo

O aplicativo desenvolvido é capaz de listar todos aqueles dispositivos pareados com o *bluetooth*, possibilitando ao usuário a escolha daquele que deseja usar.

Aspecto importante que ganhou atenção durante a etapa de programação foi o desenvolvimento de etapas capazes de promover um determinado nível de intertravamento do sistema. Um bom exemplo se dá ao iniciar a execução do aplicativo, que é impedida caso o sistema *bluetooth* do dispositivo não tenha sido ativado anteriormente, uma vez que se trata da utilização exclusiva deste método de comunicação. O sistema emite um aviso solicitando ao usuário a ativação do modo de comunicação e dá a opção de encerrar a execução, conforme nota-se na figura 13.

Outro intertravamento apresenta-se, também, no acionamento dos botões L1 a L8. Após realizada a inicialização do aplicativo, o passo seguinte é realizar a conexão da interface com o servidor. Caso esta conexão não seja realizada e haja uma tentativa de acionamento dos botões de comando das lâmpadas, uma mensagem informando que o sistema não está conectado é exibida na tela, conforme apresenta-se na figura 14. Somente após realizada a conexão do sistema os botões L1 a L8 são liberados para utilização.



Figura 13 – Aplicativo: aviso *bluetooth*



Figura 14 – Intertravamento botões L1 a L8

Na parte superior da interface do aplicativo, apresenta-se o nome da instituição de ensino, bem como o nome do laboratório onde o sistema estará disponível, como forma de identificação da aplicação.

Na sequência, nota-se um bloco de conexão *bluetooth*. Este bloco, destacado com título “Bluetooth”, em azul, é capaz de listar, em uma nova aba, quando acionado o botão conectar, os dispositivos disponíveis para conexão que foram previamente pareados ao sistema Android e que se encontram a uma distância máxima de aproximadamente 10 metros, determinada pelo fabricante do módulo HC06. Na sequência, encontra-se o *status* da conexão, disponível como “Desconectado” na Figura 12, na cor vermelha, pois o aplicativo não se encontra em conexão com nenhum outro dispositivo. O *status* “Conectado”, na cor preta, aparece quando a aplicação está conectada com algum outro dispositivo, demonstrado na figura 15.

Em seguida, estão disponibilizados 8 botões, numerados de L1 a L8, representando, assim, as lâmpadas de número 1 até número 8. Este bloco da aplicação também possui intertravamento juntamente ao *bluetooth*, fazendo com que o sistema retorne uma mensagem avisando que a o acionamento não é possível com o *bluetooth* desconectado. Estando todos os fatores de impedimento favoráveis para que o acionamento do botão seja liberado, o mesmo, quando acionado, encaminha para o Arduíno um comando de acender a respectiva lâmpada, mudando concomitantemente na interface o título do botão. No caso, de “L1: Apagada”, escrito em preto, para “L1: Acesa”, escrito em verde, como mostrado na figura 15, permanecendo

assim até que seja novamente clicado e envie o comando para apagar a lâmpada, retornando o título do botão para sua forma inicial.



Figura 15 – Aplicativo: L1 acesa

No bloco seguinte, para compor a caracterização do aplicativo, são disponibilizados os logotipos da Escola de Minas e do LAP. Em seguida, o crédito de desenvolvimento.

Durante a criação do aplicativo, algumas funções ficaram alocadas juntamente com os botões na interface de utilização do usuário, como é o caso do acionamento *bluetooth*, e da lista dos dispositivos apresentados para a conexão, previamente pareados ao sistema Android.

4 RESULTADOS

Após realizadas as etapas de projeto, de revisão e de montagem, fez-se necessária a etapa de testes, a fim de encontrar e solucionar possíveis problemas e dificuldades de utilização. Neste capítulo, são retratados testes e dificuldades na construção do sistema.

4.1 Testes realizados

Um dos primeiros testes realizados foi o teste de conectividade *bluetooth*. Motivado pela necessidade de estruturar um código fonte capaz de conectar o aplicativo ao módulo HC06, além de manter a conexão estável durante o tempo.

Para realizar a conexão, utilizou-se uma função de *bluetooth* já disponível na biblioteca do App Inventor, com o auxílio de uma lista oculta, para apresentar as possibilidades de dispositivos disponíveis. Contudo, o sistema não era capaz de se conectar ainda. A solução encontrada foi garantir, antes de dar início à aplicação, que o dispositivo seja pareado previamente ao sistema Android.

Concluídos os testes de conectividade, deu-se início aos testes do acionamento das lâmpadas, que nesta primeira versão, não eram capazes de serem apagadas. Por outro lado, resolver este problema foi simples, bastando poucas modificações nos blocos de programação e a criação de uma variável para cada lâmpada, garantindo, assim, que a sequência de execução fosse capaz de acessar as linhas de código fonte responsáveis por enviar o comando de apagar as lâmpadas.

Durante a realização dos testes, problemas de intertravamento foram encontrados, como por exemplo, os botões de acionamento das lâmpadas que marcavam o envio do comando para acender sem que o sistema estivesse conectado. Ou até mesmo o *status* do sistema que não marcava a diferença entre o sistema *bluetooth* “desativado” para “desconectado”.

O status *bluetooth* desativado é exibido na tela do aplicativo quando há alguma tentativa de utilização do sistema e o *bluetooth* não foi ativado para uso nas configurações do dispositivo. Já o status *bluetooth* desconectado é exibido na tela do aplicativo quando há alguma tentativa de utilização do sistema e a conexão do sistema do aplicativo com o módulo HC06, por meio do botão “conectar” do aplicativo, não foi realizada, mas o sistema *bluetooth* do dispositivo, nas configurações do Android, foi ativado.

4.2 Custos do modelo

O orçamento foi realizado em consonância com a possibilidade de expansão do projeto. Fato este observado na aquisição do Arduino Mega. O que diferencia o Arduino Mega do Arduino UNO é, principalmente, a quantidade de portas disponíveis para saída. Para este projeto, implementado para o controle de 8 lâmpadas, o Arduino UNO seria suficiente. Contudo, levando em considerações características acadêmicas, optou-se pelo Mega.

Na tabela 1, apresenta-se a relação dos materiais com seus respectivos valores de mercado, demonstrando que o desenvolvimento de todo o sistema foi realizado com um baixo custo, atendendo a um dos objetivos deste trabalho.

Tabela 1 – Relação de custos do modelo

Descrição	Quantidade	Valor* unitário	Valor total
Arduino Mega	1	R\$ 71,16	R\$ 71,16
Módulo HC06	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00
Módulo relé 8 canais	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Cabos de ligação	1	R\$ 6,28	R\$ 6,28
Fonte estabilizada bivolt	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Total			R\$ 137,44

* valores em janeiro 2018.

5 CONCLUSÃO

A tendência à automação de pequenos processos residenciais está cada vez mais em alta. Propor soluções para estes anseios e que sejam de baixo custo, principalmente utilizando plataformas de código aberto, é o caminho para que exista também nas residências e em outras instalações prediais, algum nível de automação.

As oportunidades e a acessibilidade às tecnologias oferecidas nos dias atuais, também mencionadas no decorrer deste trabalho, são capazes de impulsionar o mercado da Domótica. As necessidades e os benefícios de sistemas domóticos, assim como o contexto de acessibilidade em que a sociedade se encontra inserida, permite consideração da automação como um composto de ferramentas capazes de promover bem-estar, conforto e economia para os usuários. Sistemas de domótica também são característicos por permitir a interação do usuário, seja ele quem for, com a residência.

Frente a isso, a criação de um sistema de iluminação por meio de Arduíno e plataforma Android, proposto neste trabalho, foi validado por meio de uma arquitetura adequada, integrando os códigos fonte de desenvolvimento e, principalmente, de baixo custo.

O tipo de comunicação cumpriu os objetivos apresentados, assim como todo o sistema proposto inicialmente.

A principal dificuldade encontrada foi estabelecer a comunicação de forma a garantir uma comunicação estável e simples. Baseados em linguagens C e C++, os códigos de programação se deram por meio de bibliotecas já existentes e específicas, solicitando ao autor suprir a falta de conhecimento das mesmas.

Apesar de atender todos os objetivos propostos inicialmente, o sistema permite apenas a conexão de um único aparelho por vez, principalmente por características dos sistemas *bluetooth*, assim como uma restrição na distância em que o usuário se encontra do módulo de controle do sistema. Neste projeto, optou-se por fazer o controle de apenas 8 lâmpadas, contudo, a utilização do Arduíno Mega se fez para garantir uma simples expansão desta quantidade, realizando pequenas adaptações no código, tanto de controle do Arduíno quanto do aplicativo.

A fim de dotar o sistema de maior autonomia, sugere-se, como incentivo a trabalhos futuros, a adaptação do sistema de conexão para uma rede wi-fi, a fim de garantir o acionamento a mais de 10 metros de distância, e até mesmo para residências e prédios com tamanhos maiores.

Interagir o aplicativo a uma plataforma web pode garantir o acesso remoto e também permitir programações automáticas no funcionamento dos itens incorporados ao sistema, que podem ser quaisquer outras cargas elétricas, não somente lâmpadas. Além da automação simples, pode-se se adicionar a dimerização da iluminação, assim como o controle e monitoramento de câmeras de segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLESON, W. F. et al. **Android Em Ação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012

APP INVENTOR. Disponível em: <<http://ai2.appinventor.mit.edu/>>. Imagem App Inventor. Acesso em 27 ago. 2017.

BARR, Michael. **Introduction to Pulse Width Modulation**. Disponível em: <<https://www.embedded.com/electronics-blogs/beginner-s-corner/4023833/Introduction-to-Pulse-Width-Modulation>> Acesso em 05 jan. 2018.

EUZÉBIO, M.V.M.; MELLO, E.R. **DroidLar: Automação Residencial através de um celular Android**. IF-SC,2011.

MELO, D. S.; MASSUCHINI, R. M.; **Automação residencial com web server embarcado em um microcontrolador**. 2013 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Vale do Paraíba, Jacareí, 2013.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. Série Tekne. Editora: Bookman, 2014. ISBN:9788582600269.

NOVATO, Dougla. **O que é Android**. 2014. Disponível em: <<http://www.oficinadanet.com.br/post/13849-o-que-e-android>>. Acesso em 27 ago. 2017.

ROBERTS, Michael Mc. **Arduino Básico**. São Paulo – SP. Editora: Novatec Ltda. 2011.

SANTOS, E. C. B. F.; RIBEIRO, J. M.; GIACOMELLI, W.; **Automação residencial: sistemas microcontrolados com comunicação wireless via gsm**. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO; 2012, Palmas.

SGARBI, J. A.; TONIDANDEL, F.; **Domótica Inteligente: Automação Residencial baseada em Comportamento**. 2006. Disponível em <http://fei.edu.br/~flaviot/pub_arquivos/WTDIA06.pdf> Acesso em: 03 ago. 2017.