

RESIDENTIAL AUTOMATION SYSTEM VIA APPLICATION USING INTERNET OF THINGS

Jorge Fredericson De Macedo Costa Da Silva - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Ceará - Jorge.fredericson@gdeste.ifce.edu.br
Francisco Wellington Rodrigues De Melo Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Ceará - junior.r2110@gmail.com
Wellington Sousa Aguiar (Colaborador) Centro Universitário Estácio Do Ceará - wellington@tecsist.com
Henrique Nogueira Da Gama Mota - Centro Universitário Estácio Do Ceará - mota.henrique@gmail.com
Francisco Newton Rocha Gomes - Centro Universitário Estácio Do Ceará- profnewton.estacio@gmail.com

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL VIA APLICATIVO UTILIZANDO CONCEITOS DE INTERNET DAS COISAS

RESUMO

A automação residencial se consolidou de fato com o surgimento da Internet, que serviu de influência para a criação de grandes inovações tecnológicas. A Internet das Coisas caracterizada tanto em ambiente acadêmico quanto industrial é tida como a extensão da Internet habitual. Esta pesquisa tem como objetivo criar um sistema na plataforma Kodular com um circuito específico capaz de conectar o aplicativo a uma abordagem da Internet das coisas, através de um sistema embarcado usando tecnologias associadas à automação, fazendo uso dos microcontroladores. Nesse projeto foi utilizada a pesquisa bibliográfica para dar sustentação teórica e pesquisa aplicada, quando o pesquisador vivencia o experimento no mundo real. O sistema de automação residencial proposto, intitulado SnuHome, implantado em ambiente real, apresentou bom retorno de investimento e elevado nível de disponibilidade. Concluindo, podemos evidenciar o baixo custo e a facilidade de acesso a essa tecnologia por várias pessoas, inclusive para facilitar a vida de pessoas deficientes.

Palavras-chaves: Automação residencial, internet das coisas, microcontroladores.

ABSTRACT

Residential automation was indeed consolidated with the emergence of the Internet, which served as an influence for the creation of great technological innovations. The Internet of Things characterized by, both academic and industrial environments, is seen as the extension of the usual Internet. This research aims to create a system in the Kodular platform with a specific circuit capable of connecting the application to an approach of the Internet of things, through an embedded system using technologies associated with automation, making use of microcontrollers. In this project the bibliographical research was used to give theoretical support and applied research, when the researcher experiences the experiment in the real world. The proposed residential automation system, titled SnuHome, implemented in real environment, showed good investment return and high level of availability. In conclusion, we can highlight the low cost and access easiness to this technology by several people, including to facilitate the lives of disabled people.

Key words: Home automation, internet of things, microcontrollers.

INTRODUÇÃO

A Internet das coisas (do inglês, *Internet of Things* - IoT) é uma sedição tecnológica com o propósito de integrar dispositivos eletrônicos comuns ou até mesmo complexos à Internet com qual somos acostumados hoje, esses dispositivos são objetos físicos que variam desde luzes, ventiladores, ar condicionados até objetos de pequeno porte como relógios, sensores de movimento, sensores de pressão, sensores de temperatura e sensores de umidade.

Os dispositivos são conectados à rede de Internet por meio de tecnologia sem fio, a transição de informações desses aparelhos com a Internet é realizada através de uma interface com o hardware, interface está bastante simplificada e de custo satisfatório que conecta os aparelhos à rede de Internet, usando Wi-Fi, Bluetooth ou NFC (*Near Field Communication*).

A IoT tem chamado muita atenção, tanto em ambiente acadêmico quanto industrial, graças ao seu potencial de uso nas mais diversas áreas das atividades humanas. Em síntese, a Internet das coisas é a extensão da Internet que conhecemos atualmente, no entanto ela proporciona aos objetos, e não as pessoas, o uso rotineiro com capacidade computacional e de comunicação, com a possibilidade de se conectarem com a Internet.

A aplicação da Internet das coisas surgiu do progresso de várias áreas da microeletrônica até áreas pertinentes aos sistemas embarcados. A IoT pode ser classificada como um combo de tecnologias, que depende de diversos fatores combinados para que seja aplicada corretamente. O software carece de análise de dados e segurança ao comutar essas informações com os periféricos do sistema.

Diversas aplicações interagem com IoT. Usufruidores estão conectados a web por meio de Smartphones com sistema operacional Android ou IOS para auxiliar o acesso a notificações e mensagens dessa tecnologia. Todos os aparelhos conectados à rede de Internet são subsistemas que trabalham em conjunto com o ambiente IoT, para formar novas aplicações específicas que interagem e se adaptam às diferentes necessidades de seus usuários promovendo a fácil execução das diferentes tarefas diárias, desde ligar/desligar uma lâmpada com um simples toque quando o usuário navega em seu aparelho celular ou até mesmo receber e-mails ou mensagens de texto notificando sobre uma possível invasão em sua residência.

Neste trabalho, o foco é aplicar os conceitos de IoT em um determinado contexto. A aplicação, inicialmente simulada em protoboard, compõe um sistema que é idealizado em uma placa PCB de baixo custo com o propósito de estabelecer uma comunicação mútua sem fio com hardware e software. Sua finalidade é basicamente gerenciar as diversas requisições de controle realizadas pelos usuários, associadas à automação de diversos dispositivos elétricos e eletrônicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Internet das Coisas (IoT)

Segundo Zambarda (2014) a ideia de conectar objetos é discutida desde 1991, quando a conexão TCP/IP e a Internet, como é conhecida hoje, começou a se popularizar. Em 1999, Kevin Ashton do MIT propôs o termo "Internet das Coisas". Enquanto isso, segundo Margaret Rouse (2016), "Internet das Coisas" é definido como a capacidade de

transferência de dados sobre a rede sem a necessidade da interação homem-a-homem ou homem-ao-computador.

A IoT é uma tecnologia que está integrada a Internet como conhecemos hoje, que tem como principal objetivo o conceito que qualquer coisa, como equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos, por exemplo, sensores, geladeiras, televisores, sistemas de iluminação ou qualquer outro dispositivo que possua ou que possa ser integrado alguma interface para atribuir um endereço IP com conexão à internet, que de alguma forma os dados obtidos por eles sejam repassado a uma interface responsável por analisá-los e tomar decisões baseando-se em seus resultados.

A Internet das Coisas não vai apenas controlar o ligar e desligar, mas também nos permitirá identificar a necessidade de manter os objetos ligados. Além disso, podemos usar esta ideia para evidenciar as atrações ou destacar situações perigosas. (PRESSER, 2013).

Os Componentes aplicados

O ESP8266 é um chip com arquitetura RISC de CPU 32-bit com memória RAM de 64KB e Flash de até 4MB, que contém um sistema de comunicação WiFi com suporte à conexão IEEE 802.11 b/g/n, composto por 16 pinos de GPIO, e comunicação SPI e I2C, fabricado pela empresa Espressif Systems, em agosto de 2014 a placa ESP-01 mostrou grande potencial, pois a mesma permite que microcontroladores se conectem à rede sem fio estabelecendo conexões TCP/IP. A Figura 1 apresenta os vários modelos existentes.



Figura 1- Diferentes versões de placas ESP8266.

Fonte: Imagem estruturada pelo autor em pesquisas na web.

ESP8266-01

Como podemos ver na Figura 1, a ESP-01 é o módulo mais resumido, com objetivo de apenas fornecer conexão sem fio para microcontroladores. Neste caso, a comunicação do módulo com o ATmega328 pode ser feita via serial, com limite de tensão de até 3.6V, utilizando os pinos RX e TX, essa versão é constituído de apenas 8 pinos.

ATmega328P

O ATmega328P é um Microcontrolador AVR fundamentado em arquitetura RISC composto por 32 KB memória flash, 2 KB de SRAM, utilizado abundantemente nas placas: Arduino Uno, Arduino Nano, e Arduino Pro Mini, oferece performance que permite executar desde

um descomplicado programa que faz piscar um simples LED, até mesmo programas mais avançados, como uma interface para controlar máquinas prototipadoras CNC.

Existem várias técnicas para gravar programas feitos para Arduino em um ATmega328 que roda fora de uma placa de desenvolvimento, porém para maior facilidade e entendimento, mais adiante neste trabalho usaremos o Arduino Pro Mini com intuito de proporcionar mais agilidade na montagem em protoboard.

Arduino

Segundo Adilson Thomsen, Arduino foi criado em 2005 por um grupo de cinco pesquisadores, o objetivo era elaborar um dispositivo que fosse ao mesmo tempo barato, funcional e fácil de programar, sendo dessa forma acessível a estudantes e projetistas amadores. Além disso, foi utilizado o conceito de hardware livre, o que significa que qualquer pessoa pode montar, adaptar, modificar, melhorar e customizar o Arduino como bem entender, partindo do hardware básico. Dessa forma surgiu a placa composta por um microcontrolador Atmel. Circuitos de entradas e saídas que por meio de adaptadores pode se conectar a qualquer computador e ser programado via IDE (*Integrated Development Environment* ou desenvolvimento de ambiente integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.

Existe diversas placas Arduino com tamanhos e formas diferentes, porém, todas estão disponíveis com o mesmo propósito, o conceito de hardware livre e código aberto. Como foi mencionado anteriormente usaremos em nosso estudo a placa Arduino Pro Mini.

Plataforma Kodular

Kodular é uma alternativa para criar aplicativos Android facilmente e sem ter conhecimentos avançados em programação. É baseado no MIT App Inventor, os eventos são programados arrastando blocos, similar à linguagem simples de programação Scratch ou também conhecida como linguagem de blocos.

Segundo Larry Hardesty (2010), o Google lançou uma versão de avaliação de um novo software, chamado Google Inventor, que mais tarde se tornou App Inventor com o objetivo de permitir que pessoas sem experiência prévia em programação projetassem aplicativos para telefones que usassem o sistema operacional Android, do Google. O objetivo dessa ferramenta é destinado às pessoas que tem ou não experiências em programação para Android. A vantagem do Kodular sobre o MIT app inventor é que ele tem mais elementos para incluir nos aplicativos, possibilitando aos programadores várias opções de ideias para fazer aplicações para Android.

Arduino Pro Mini

Para o desenvolvimento desse projeto foi escolhida a placa Arduino Pro Mini, pois esse modelo opera com tensões de 3.3 volts a 8 Mhz, isso nos possibilita maior agilidade na prototipação. Como foi mencionado anteriormente nesse trabalho, o projeto foca em automação residencial, tendo como conceito base a internet das coisas e o uso do ESP-01, visto que a placa Pro Mini se adapta inteiramente aos requisitos do módulo de comunicação com a internet.

Dessa forma imaginamos a junção de dois dispositivos com conversação serial mútua e com propriedades para formar um novo circuito capaz de ter conexão com a internet e gerenciar o ligar e desligar de vários dispositivos eletroeletrônicos.

Circuito base

O circuito base ilustrado na Figura 2, que mais adiante iremos montar em protoboard, é bastante resumido e de custo bastante acessível, composto basicamente por uma fonte de alimentação, Arduino Pro Mini, ESP 8266-01 e alguns componentes passivos, forma um sistema que dá acesso à 8 (oito) canais de saídas digitais, 8 (oito) canais de entrada I/O e 2 (duas) entradas para sensores. Essa pequena combinação que constitui a placa IoT tem várias aplicações, que uma pessoa com noções básicas de eletrônica e programação pode aplicar em diversas funções em suas residências, promovendo automatização em suas casas com uma relação custo x benefício bastante satisfatória.

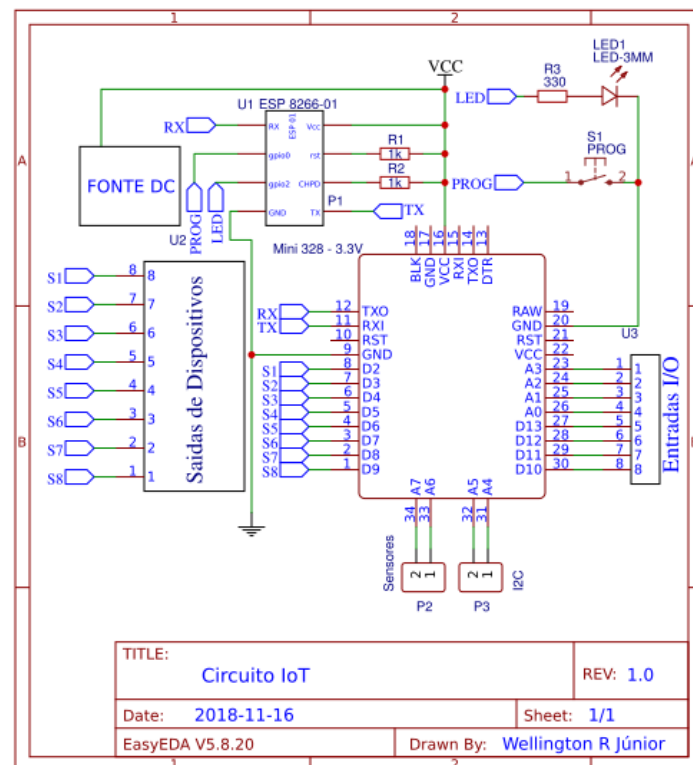


Figura 2- Circuito base IoT.

Fonte: Projeto do circuito gerado pelo autor no software livre EasyEDA.

Prototipando o Circuito na Protoboard

O circuito base foi montado em protoboard como mostra a Figura 3, foi usada a placa USB serial para fornecer alimentação de 3.3 volts, porém antes a mesma foi usada separadamente com a intenção de programar o código fonte para a ESP-01, logo em seguida sua utilidade foi dada individualmente para programar o Arduíno Pro Mini.

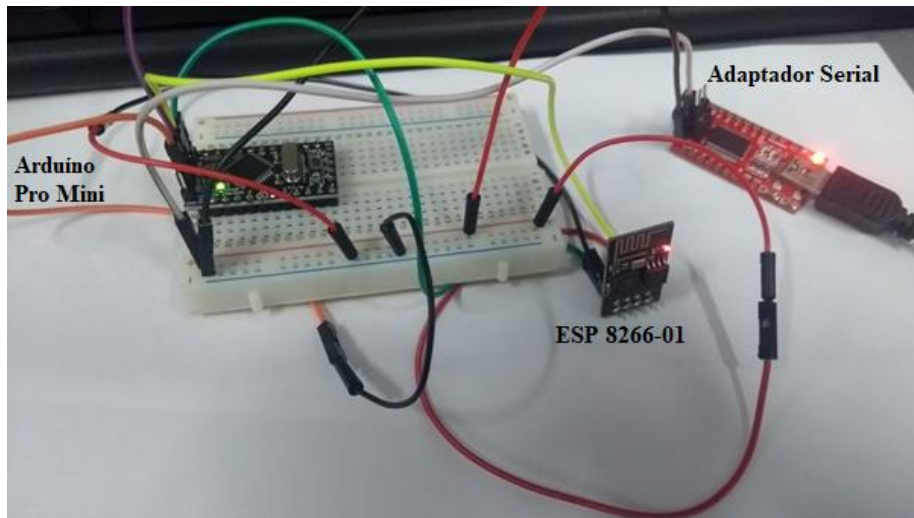


Figura 3- Circuito base.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

O circuito prototipado em protoboard, ilustrado na Figura 3, apesar de bem simples é totalmente funcional, inicialmente é necessário inserir configurações de rede para que o módulo se conecte a rede local, essas configurações serão apresentadas a seguir.

Programando o EPS8266 na IDE Arduíno

Como vem sendo apresentado, o módulo precisa ser configurado para se conectar à rede de interesse, para isto, na IDE Arduíno é preciso selecionar a placa que será programada na interface, alguns passos devem ser respeitados, inicialmente é preciso ir em “Ferramentas”, “Placa Generic ESP8266 Module”, depois em “Generic ESP8266 Module”.

Uma vez que o ambiente de trabalho está configurado, a programação pode ser iniciada. Para fazer o módulo se conectar à rede local, é feito o uso da biblioteca “ESP8266WiFi.h”. Para se conectar a rede desejada é preciso criar uma variável tanto com o SSID quanto à senha correspondente a rede que se deseja conectar, essas configurações podem ser visualizadas na Figura 4.

```
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
ESP8266
//-----Bibliotecas-----//
#include <ESP8266WiFi.h>
//
int R1 = 0, R2 = 0, R3 = 0, R4 = 0, R5 = 0, R6 = 0, R7 = 0, R8 = 0, acesso = 0, espera, x = 0 ;
//-----defines Pinos -----
#define LIGA 2 // Liga os reles
//---Parametros de comunicação---//
IPAddress ip(192, 168, 25, 150); // IP estatico
IPAddress gateway(192, 168, 25, 1); // Gateway da Rede
IPAddress mask(255, 255, 255, 0); // Mascara da rede
IPAddress dns(192, 168, 25, 1); // DNS Repetir Gateway
//-----Config Acesso-----//
const char* ssid = "R.WiFi";
const char* password = "fwrj2218";
Compilação terminada.
```

Figura 4- Configurações da rede.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

Sempre que ESP8266 se conecta com a Internet o roteador aloca dinamicamente um IP local que esteja disponível, para evitar essa situação é desejável criar um IP estático, nos parâmetros de comunicação do código fonte, é possível endereçar um IP fixo. Desta forma o usuário precisará fazer a configuração no aplicativo que será apresentado mais adiante apenas uma única vez, com intuito de facilitar o uso do sistema.

Função Setup () do ESP8266

De acordo com a Figura 5, a função setup tem como objetivo chamar todos os comandos de inicialização do programa. Com isto, o mesmo vai executar as seguintes instruções:

Iniciar a comunicação serial;

Conectar o ESP8266 ao WiFi;

Iniciar o servidor.



```
ESP8266$
WiFiServer server(80);

void setup() {
  //-----//
  WiFi.config(ip, gateway, mask, dns);
  Serial.begin(9600); // Inicia a comunicação serial

  // WiFi.softAP(rede, senha); // teste
  // IPAddress apip = WiFi.softAPIP(); // teste

  //-----Parâmetros de conexão-----//
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
  server.begin(); // Inicia o Servidor
}
```

Figura 5- Função setup().

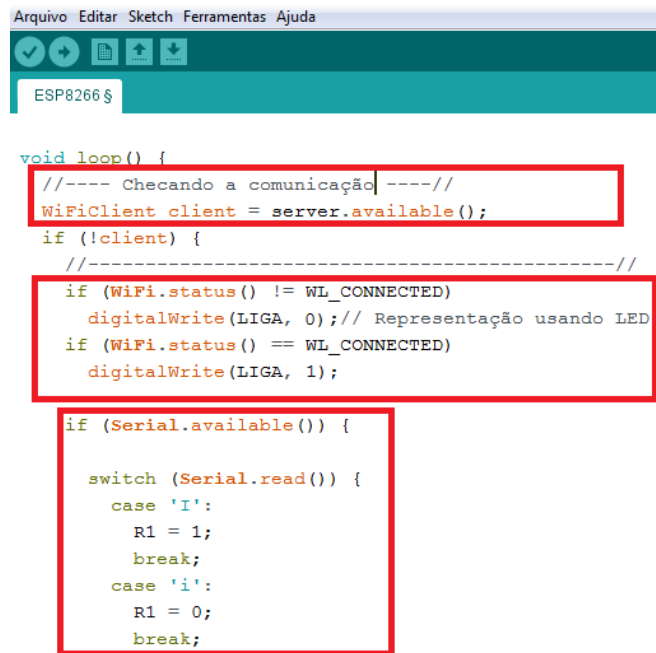
Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

Função Setup ().

Feito isto, o dispositivo estará com suas configurações de inicialização prontas e já será possível fazer comunicação com a Internet. Com essas configurações corretas o microcontrolador irá passar para a próxima etapa, a função loop(). Tal função é encarregada de repetir suas instruções diversas vezes até que o sistema seja reinicializado.

Função Loop () do ESP8266

Na função loop() o ESP8266 é responsável por receber e enviar informações via serial para o microcontrolador ATmega328p, que neste caso, é o Arduino Pro Mini, é válido ressaltar a ideia de juntar dois componentes distintos para formar um novo componente, capaz de se comunicar a rede de Internet e gerenciar dispositivos de entrada e saída. A Figura 6 ilustra a função Loop().



```

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

ESP8266 $

void loop() {
  //---- Checando a comunicação ----//
  WiFiClient client = server.available();
  if (!client) {
    //-----//
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
      digitalWrite(LIGA, 0); // Representação usando LED
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED)
      digitalWrite(LIGA, 1);

    if (Serial.available()) {
      switch (Serial.read()) {
        case 'I':
          R1 = 1;
          break;
        case 'i':
          R1 = 0;
          break;
      }
    }
  }
}

```

Figura 6- Função setup().

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

Comunicação Serial.

Nessa função são chamados todos os comandos válidos para o funcionamento normal do sistema com conexão à Internet, como pode ser averiguado na Figura 20, cabe de início a função loop() fazer uma checagem para verificar se há comunicação com o servidor configurado anteriormente, tais informações são passadas para uma variável chamada “cliente” que iniciará uma estrutura de decisão, se o valor for verdadeiro o código irá passar para a próxima função que realiza a checagem do status do WiFi, “Wifi.Status == WL_CONNECTED”, se esta função retorna o valor “verdadeiro” isso implica que o sistema está operacional e com comunicação com a Internet. O sistema avisa ao cliente por meio de LED o estado do funcionamento da placa IoT, se o LED está “aceso”, logo há conexão e foi estabelecida uma comunicação, caso contrário o sistema está inoperante e precisa ser reiniciado.

Quando a placa se conecta a Internet, começa uma comunicação serial mútua entre ambos os microcontroladores. O Arduino envia informações via serial dos dispositivos atualmente conectados à placa IoT, esses dados são tratados e transmitidos para o ESP8266, o mesmo reencaminha essas informações via WEB para o aplicativo Android, consequentemente conectado a mesma rede, que tem como objetivo informar o usuário sobre o estado dos elementos conectados a placa de automação, para melhor entendimento a Figura 7 descreve a informação de maneira intuitiva.

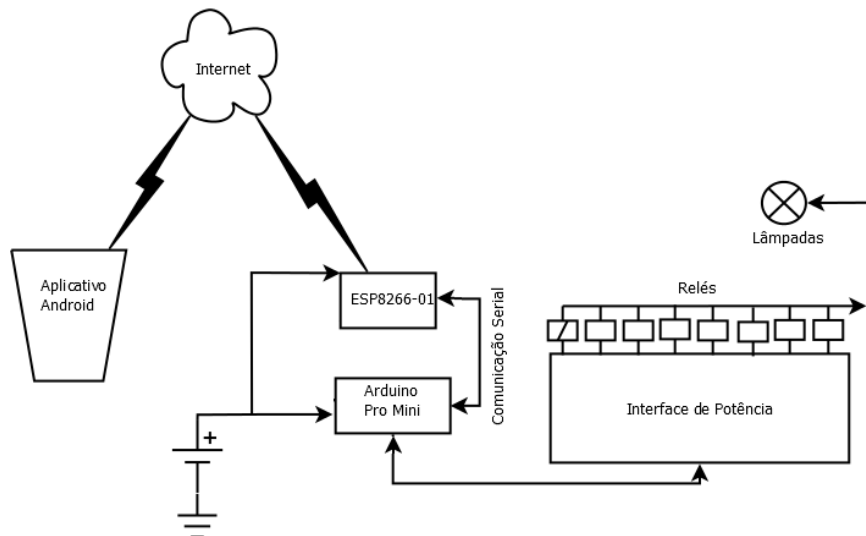


Figura 7- Fluxograma da automação.

Fonte: Fluxograma gerado pelo autor no software livre LucidChart.

METODOLOGIA

Para o processo de construção do trabalho e embasamento teórico, foi utilizado o levantamento bibliográfico em artigos, livros, teses e dissertações, para proporcionar maior familiaridade com o problema em estudo. A pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado com foco maior na pesquisa descritiva, experimental ou aplicada, tem como base materiais publicados em livros, jornais e revistas, em geral, material acessível ao público. Por ser de natureza teórica, a pesquisa bibliográfica é parte obrigatória, da mesma forma como em outros tipos de pesquisas, haja vista que é por meio dela que tomamos conhecimento sobre a produção científica existente (RAUPP; BEUREN, 2006).

Neste projeto foi utilizada ainda a pesquisa aplicada, esta pesquisa é utilizada quando desejamos desenvolver uma solução para questões do cotidiano, capaz de ser aplicada na vida das pessoas ou organizações.

A proposta deste trabalho é criar um aplicativo na Plataforma Kodular, baseada em App Inventor, e elaborar um circuito específico para se conectar ao aplicativo, usando o conceito de Internet das Coisas. Tem como objetivo criar um sistema embarcado conectado à internet, capaz de controlar elementos de uma residência através de um celular smartphone. Logo, pode-se dividir esse projeto nas seguintes etapas:

- I. Elaborar programação para ESP8266-01;
- II. Construir código fonte para Arduino Pro Mini;
- III. Montar circuito de teste na protoboard;
- IV. Elaborar aplicativo para plataforma Android;
- V. Testar comunicação do aplicativo com o sistema;

O circuito foi prototipado em protoboard para demonstração, porém sendo desenvolvida em uma placa PCB, dupla face de fibra de vidro, tem como foco intencional uma fácil montagem na instalação.

Conforme as especificações, o modelo ESP 01 funciona com alimentação de VCC máximo 3.6 volts. Conhecendo essa informação, teremos que adotar a implementação do divisor de tensão equivalente no circuito o pino TX do adaptador serial que liga ao pino RX do ESP-01, tem dois resistores em serie com a intenção de ter a tensão necessária para seu apurado funcionamento.

RESULTADOS LEVANTADOS

Como resultado da realização de todo processo caracterizado na metodologia somado aos conceitos obtidos por meio da fundamentação teórica, o projeto culminou em uma aplicação mobile que a partir daqui será chamado de SnuHome.

O Aplicativo SnuHome

Agora de forma mais detalhada, será apresentado o uso do aplicativo para se conectar e controlar a placa de automação residencial, que tem a finalidade de fazer a integração do sistema de controle via web para seus utilizadores, na intenção de fornecer maior conforto e praticidade aos usuários, podendo ser utilizado por deficientes com dificuldades de locomoção dando maior autonomia em suas atividades cotidianas.

O aplicativo foi produzido na interface online Kodular, intitulado de SnuHome, é um APP destinado à plataforma Android, é responsável por fazer o usuário ter acesso ao sistema, pois é nessa aplicação onde todos os comandos são enviados ao ESP8266. Quando o aplicativo é iniciado no celular smartphone, logo de início aparece o logotipo de apresentação do APP, e sem perder tempo, dois segundos após a apresentação, surge a tela inicial, porém é necessário o usuário fazer as configurações iniciais, para que o aplicativo se conecte à placa de automação, conforme ilustra a Figura 8.

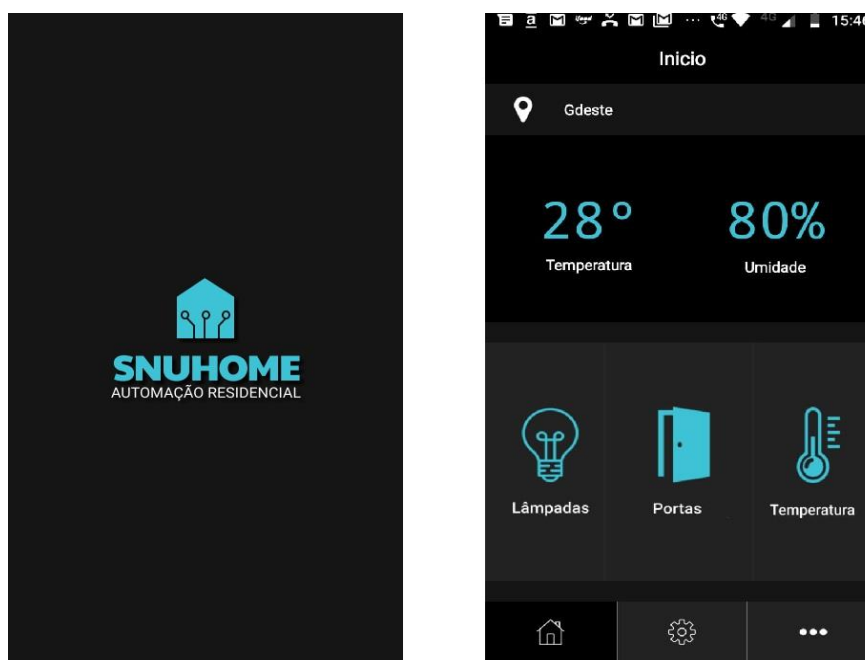


Figura 8- Telas do Aplicativo SnuHome.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

Na Figura acima, a segunda imagem corresponde a tela início do APP, constituída por seis botões, sendo os três inferiores para: voltar a tela início, configurações do sistema, e o botão que apresenta algumas informações sobre o APP.

Para configurar o aplicativo e o mesmo ter controle sobre a placa de automação, inicialmente o usuário precisa gravar no banco de dados do aplicativo o mesmo endereço de IP que foi programado no módulo ESP8266-01, e se preferir é possível adicionar uma porta para o servidor, caso contrário a porta padrão é a porta 80, a Figura 9 ilustra como e onde deve ser inserido o endereço IP e a porta de comunicação. O usuário precisa entrar com os dados iniciais apenas uma única vez, logo após ter fornecido esses dados, basta clicar no botão salvar e conferir em seguida no status do sistema se a conexão está estabelecida conforme mostra a segunda imagem da Figura 9.

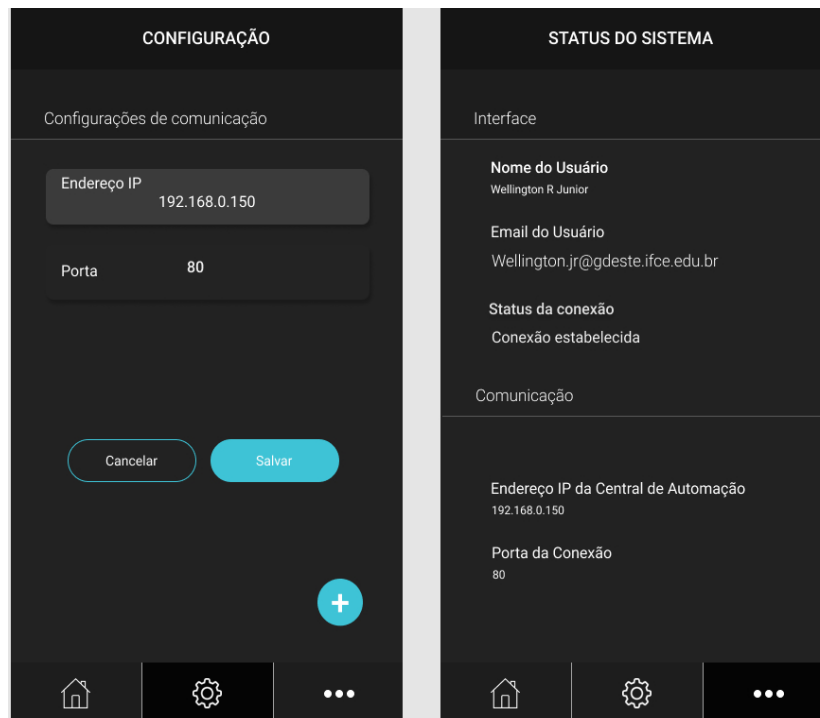


Figura 9- Configurações do sistema.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

Com o aplicativo configurado e pronto para uso, basta clicar no botão início, agora é possível visualizar os três botões maiores na tela principal, o primeiro é o botão “lâmpadas” que ao ser clicado abre uma nova tela de rolagem composta por oito botões configuráveis, conforme apresentado pela Figura 10, esses botões são totalmente editáveis, possibilitando ao usuário editar o nome e as imagens referentes a cada botão, ao fazer um clique longo.



Figura 10- Tela de Lâmpadas.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

A lógica deste aplicativo é bastante simples, em sua construção a programação se resume na criação de botões que ao serem pressionados enviam dados por HTTP no seguinte formato: "IP configurado na placa: porta de comunicação/String de caracteres", o formato dessa *string* fica a critério do programador, pois tais dados são encaminhados via web ao ESP8266-01, e essas informações já são salvas em seu código fonte, em seguida os dados serão analisados pelo microcontrolador, se os caracteres recebidos correspondem a valores já salvos na memória, os dados serão encaminhados via serial para o Arduino Pro Mini. De fato, existe uma lógica de programação do microcontrolador ATmega328p capaz de interpretar esses caracteres recebidos, pois o mesmo ao receber as informações do ESP8266-01 executa instruções distintas para acionar ou desligar uma saída digital.

Na Figura 11 podemos visualizar a requisição web usando o navegador Google Chrome, o microcontrolador recebe esses dados e a função "cliente.printf" presente no código fonte do ESP-01 responde ao usuário o vetor de caracteres mostrado na figura abaixo, o aplicativo SnuHome recebe esses dados e atualiza as informações para o usuário confirmando qual dispositivo fora acionado.



Figura 11- Requisição web.

Fonte: Imagem real capturada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados finais alcançados foram satisfatórios, como a proposta inicial deste projeto é elaborar uma interface de automação usando os conceitos de IoT de baixo custo e elaborar um aplicativo capaz de oferecer ao usuário meios para interagir com o sistema de controle da placa, através da comunicação sem fio.

O sistema foi implantado com sucesso em um ambiente real para automatizar um cômodo residencial (3,0 m x 3,5 m), neste ambiente foram automatizados 04 (quatro) dispositivos: duas luzes, um ventilador e uma tomada que se limita a ligar qualquer equipamento com carga de até 10 Amperes. Na automação em questão foi acoplado na placa IoT um *shield* composto por quatro relés, com a finalidade de ligar e desligar os equipamentos com tensão de 220 V e corrente de até 10 Amperes do ambiente testado.

O uso experimental do sistema teve duração de 240 horas, nesse período simulou-se diversas vezes o acionamento das lâmpadas e uso do ventilador de forma rotineira, ainda para fins de experimentação simulou-se a falta de energia no ambiente experimental. Como definido na programação, o sistema reinicia com os equipamentos desligados e logo em seguida reporta informações para atualizar o aplicativo, mostrando ao usuário o estado atual dos equipamentos conectados.

Nesse período de teste o sistema respondeu como esperado, porém percebeu-se a presença de um atraso que variou de três a cinco segundos para atualizar as informações enviadas do aplicativo, desta forma observou-se que, quando mais de três usuários faziam solicitações simultâneas, o sistema apresentava erros de conexão com estes usuários conectados. Quando há apenas um usuário conectado o tempo de resposta é de aproximadamente 01 (um) segundo.

Levando em consideração essas informações, o código fonte da placa ESP-01 precisou ser refeito, por razões lógicas o código recebeu uma variável que conta o número de usuários conectados ao sistema, desta forma o erro de falha de comunicação foi corrigido, mas quando o quinto usuário solicita conexão com o sistema, o mesmo barra o acesso usando a função `cliente.stop()` presente na biblioteca `<ESP8266.h>`.

Apesar das dificuldades apresentadas na implementação, o sistema de automação residencial fundamentado nos conceitos de IoT mostrou seu valor, principalmente quanto à relação custo x benefício, levando em consideração as vantagens de comodidade e segurança além do alto nível de disponibilidade que faz com que qualquer pessoa possa ter acesso a essa tecnologia.

Como trabalhos propostos e dando continuidade a esta pesquisa, testaremos e avaliaremos qualitativamente essa solução em um ambiente com enfermos ou deficientes físicos com locomoção reduzida para melhorar a qualidade de vida e autonomia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. V. F. O que é Arduino? SENAC. Disponível em: <<http://www.senacnet.com.br/professor/?p=603>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BAUERMEINSTER, G. Guia do Usuário do ESP8266. Blog FilipeFlop, 2018. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/guia-do-usuario-do-esp8266/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

BERMÚDEZ, J. L. Makeroid: utilidade web gratuita para criar apps Android sem programar. Soft & Apps, 2017. Disponível em: <<https://www.softandapps.info/2017/09/13/makeroid-criar-apps-android/>>. Acesso em 04 nov. 2018.

CURVELLO, A. Apresentando o módulo ESP8266. Embarcados, 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

DATASHEET. ATmega328P. Atmel. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2018.

DATASHEET. ESP8266EX. Espressif Systems, v. 6.0, nov. 2018. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

EQUIPE REAMP. A força da Internet das Coisas. Blog Reamp, 2017. Disponível em: <http://reamp.com.br/blog/2017/08/a-forca-da-Internet-das-coisas/?keyword=&creative=278417599678&gclid=Cj0KCQiA8_PfBRC3ARIsAOzJ2urTwBz7RvAq5OSGS2-vc7jcx0zJyPYFJP12av9upSf-wZI-OljvhMEaAsGTEALw_wcB>. Acesso em: 10 out. 2018.

GASTALDI, B. A Internet das Coisas (IoT) e automação residencial com Chatbots. Voltimum, 2018. Disponível em: <<https://www.voltimum.com.br/artigos/artigos-tecnicos/Internet-das-coisas-iot-e>>. Acesso em: 10 out. 2018.

HARDESTY, L. The MIT roots of Google's new software. Massachusetts Institute of Technology - MIT News, Ago. 2010. Disponível em: <<http://news.mit.edu/2010/android-abelson-0819>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

MORAIS, J. O que é ESP8266 – A Família ESP e o NODEMCU. Portal Vida de Silício. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-esp8266-nodemcu/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

OLIVEIRA, E. Instalando o Firmware NodeMCU no ESP8266 ESP-01. Blog MasterWalker Electronic shop. Disponível em: <http://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp8266/instalando-o-firmware-nodemcu-no-esp8266-esp-01/>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

PESSOA, C. R. M.; JAMIL, G. L. A Internet das coisas: será a internet do futuro ou está prestes a se tornar a realidade do presente? FEA-FUMEC. Disponível em: <<http://fumec.br/revistas/eol/article/viewFile/2961/1732>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

RAUPP, FABIANO; BEUREN, ILSE. Metodologia de Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais: 3ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

SILOTTO, R. Programação baseada em Blocos pode ser considerada linguagem de programação? iMasters. Disponível em: <<https://imasters.com.br/desenvolvimento/programacao-baseada-em-blocos-pode-ser-considerada-linguagem-de-programacao-2>>. Acesso em: 29/out/2018.