

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM ARDUINO

HOME AUTOMATION WITH ARDUINO

José Guilherme Hipólito¹

Miquéias de Jesus da Silva²

Rogério Máximo Rapanello³

RESUMO

A automação residencial tem inúmeras dificuldades para se disseminar no Brasil. Dificuldades que vão desde a pouca evolução desse mercado no país e a falta de profissionais capacitados, até os custos elevados de implementação. Desse modo, o objetivo desta pesquisa é testar e analisar o desempenho de equipamentos que tenham um custo reduzido no mercado nacional, a fim de determinar a possibilidade de se realizar a automação residencial com custos reduzidos. Os materiais utilizados foram cotados no mercado nacional e testados individualmente para determinar a viabilidade econômica e as capacidades de funcionamento para serem aplicados em uma automação residencial. O projeto foi implementado em uma maquete simulando uma residência com cinco cômodos e área externa. Fez-se uso da placa microcontrolada Arduino para implementar o controle e a integração dos múltiplos dispositivos presentes no sistema de automação da residência, de forma que tal controle seja executado através da rede local da residência fazendo uso de smartphones e de computadores.

Palavras-chave: Automação residencial. Custos. Arduino. Domótica.

¹ Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro – SP. E-mail: jguihipolito@yahoo.com.br

² Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro – SP. E-mail: miqueiasdejesusdasilva@gmail.com

³ Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro – SP. E-mail: rogerio_rapanello@yahoo.com.br

ABSTRACT

Residential automation has many difficulties in disseminating in Brazil the difficulties that range from the small evolution of this market in the country, the lack of trained professionals and especially their high implementation costs. In this way, the objective of this research is to test and analyze the performance of equipment that has a reduced cost in the national market, in order to determine the possibility of realizing the home automation with reduced costs. The materials used were quoted on the national market and tested individually to determine the economic feasibility and operating capabilities to be applied in a residential automation. The project was implemented in a mock-up model simulating a residence with five-room and outdoor area. The microcontrollable Arduino board was used to implement the control and integration of the multiple devices present in the home automation system, so that such control is executed through the local network of the residence through the use of smartphones and computers.

Keywords: Home Automation. Costs. Arduino. Domatic.

1 INTRODUÇÃO

Existem vários tipos de automação, cada qual dependente do tipo de aplicação, tais como: automação industrial, predial, residencial, comercial, entre outras (PINHEIRO, 2004). De acordo com Bortoluzzi (2013), a ideia de automação residencial surgiu derivada da automação industrial na década de 60. A partir deste momento as empresas passaram a investir mais recursos para o desenvolvimento da automação residencial, porém sem perceber o que cada tipo de mercado precisava. Na automação industrial os equipamentos devem manter suas taxas de erro o mais próximo possível de zero além da necessidade de obter respostas quase que instantaneamente, porém na automação residencial isso possui menor relevância.

Muratori e Dal Bó (2011) relataram que com o avanço da tecnologia de computadores, telefonia e outras tecnologias similares, a automação residencial passou a integrar mais facilmente o cotidiano das pessoas. Teza (2002) diz que as

alusões à automação residencial por vezes ainda causam estranheza como algo extremamente avançado e futurista ou remetendo-se ao status social, porém, na prática a domótica busca facilitar o dia a dia das pessoas.

Os países industrializados fazem uso da automação predial em múltiplos ambientes como hospitais, escolas e similares. Assim, a automação residencial consiste na utilização das mesmas ferramentas no âmbito doméstico. Os protocolos de comunicação utilizados para este tipo de automação não são padronizados, o que dificulta a instalação especialmente em construções pré-existentes que muitas vezes não estão prontas para receber as adequações (MAINARDI et al., 2005).

Como caracteriza Muratori e Dal Bó (2011) a automação residencial define-se pela utilização da tecnologia para cuidar de atividades e interesses cotidianos tais como comunicação, conforto, praticidade, segurança e gestão de energia. O termo domótica, portanto, refere-se à automatização e controle da residência em todos os âmbitos possíveis.

O investimento necessário para a automação de uma residência é variável de acordo com o projeto, mas apesar dessa variação, muitas vezes imagina-se que ela está limitada ao público de alta classe. Entretanto, é perfeitamente possível aplicar ferramentas de custo reduzido para que todos possam ter acesso à tecnologia (LIMA; NOBRE; ALENCAR, 2015).

Accardi e Dodonovi (2012) explanam que, para automatizar uma residência, deve-se levar em conta dois fatores: os desejos do usuário e o investimento que o mesmo está disposto a realizar, ou seja, será necessário questionar as vontades do cliente, pois será através destas que o planejamento será elaborado buscando garantir o desempenho, segurança, qualidade e durabilidade da automação dentro do orçamento.

Baseando-se nesse contexto, este projeto busca testar e analisar o desempenho de equipamentos que tenham um custo reduzido no mercado nacional, a fim de determinar a possibilidade de realizar a automação residencial com custos reduzidos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Os avanços tecnológicos e a busca por praticidade do ser humano leva-o a buscar facilidades, sendo a automação um reflexo desta busca. A automação trabalha o conceito de que máquinas ou sistemas possam ser operados remotamente, tendo a menor interferência possível do operador humano (RIBEIRO, 2003).

2.1 Automação Residencial

Os Estados Unidos são os precursores dos primeiros módulos inteligentes, usados na automação residencial, que usavam como meio físico de transmissão de dados a rede elétrica. Denominado *Power Line Carrier* (PLC) o sistema limitava-se ao comando de sistemas independentes. Com o advento dos computadores e a internet esse sistema evoluiu com a criação de sistemas para o uso integrado das tecnologias (ROVERI, 2012).

A automação residencial difundiu-se na sequência de suas similares no meio industrial e comercial (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005). Muratóri e Dal Bó (2011) definem automação residencial como a aplicação de tecnologias integradas no meio residencial, a fim de, suprir necessidades diárias como segurança, comunicação e conforto.

Baseando-se nos tipos de aplicações, o termo domótica compreende mais amplamente a automação residencial. O termo domótica surgiu na França nos anos de 1980, relacionando-se com tecnologias no ambiente doméstico com o auxílio da eletricidade, eletrônica, informática e telecomunicações, buscando a melhoria na qualidade de vida das pessoas em suas residências (FERREIRA, 2010).

Assim como dito por Lins e Moura (2010) as arquiteturas disponíveis para a domótica são: (i) a Arquitetura Baseada em Automação (ABA), esta mais linear baseada apenas no configurado; e (ii) a Automação Baseada em Comportamento (ABC), esta chamada de domótica inteligente, capaz de se adaptar a uma rotina de utilização.

Eng et al. (2002) atestam que a Arquitetura Baseada em Automação constitui-se na prévia configuração e ajuste de dispositivos como controles remotos, sensores, e demais dispositivos segundo as necessidades do usuário. Enquanto a Arquitetura Baseada em Comportamento refere-se a um sistema que se adapta as ações do usuário, capaz de “aprender” o cotidiano e tomar decisões antecipadas.

2.2 Automação Residencial no Brasil

A terminologia predominante usada no Brasil é automação residencial, traduzida do termo americano *home automation*, entretanto, o termo não é tão abrangente quanto o termo domótica. A adesão a novas tecnologias tem crescido exponencialmente no Brasil. Contudo, o mercado da construção civil não acompanha o crescimento tecnológico nas mesmas escalas. Guardada as proporções, veículos contem mais tecnologias embarcadas do que as residências. Porém os preços no âmbito residencial são muito mais elevados (MURATORI; DAL BÓ, 2011).

Roveri (2012) diz que existe grande deficiência de profissionais qualificados e capacitados, no mercado nacional, para construir, programar, projetar e instalar os dispositivos. Sendo o completo oposto de países mais desenvolvidos, onde os profissionais montam equipes especializadas em partes específicas do projeto, com isso, tendo resultados mais satisfatórios.

2.3 Arduino

De acordo com Banzi e Shiloh (2015), o projeto arduino surgiu no meio acadêmico. O arduino é uma plataforma de fonte aberta, sendo possível alcançar o conhecimento sobre este livremente através de aulas, ou até mesmo na internet, além do baixo custo para aquisição da placa. O arduino resume-se a uma pequena placa microcontrolada que se transforma em um pequeno computador através do microcontrolador ATmega328, elemento principal da placa, capaz de responder a sensores e atuadores ligados a ela.

McRoberts (2011) afirma que é necessária a utilização do IDE do arduino para programa-lo, ou seja, é através deste que o arduino reconhece a linguagem de programação utilizada. Para Souza et al. (2011), o arduino executa funções de acordo com as instruções programadas no *sketch*, tal programação é realizada na linguagem C e C++. A plataforma é de fácil utilização, proporcionando ilimitadas possibilidades de interação com o ambiente através de suas entradas e saídas.

2.4 Sensores

De acordo com Wendling (2010), o sensor é a nomenclatura atribuída a dispositivos que são sensíveis ao ambiente que se encontram inseridos. Assim este se relaciona baseado nas informações de uma grandeza física. Patsko (2006) cita que alguns sensores podem ser categorizados como um tipo de transdutor, ou seja, um componente capaz de transformar um tipo de energia em outro.

Sensores digitais podem assumir somente dois valores em sua saída ao longo do tempo, 0 ou 1. Entretanto não existem grandezas físicas que apresentam este comportamento, logo sensores digitais têm entradas analógicas tendo uma resposta digital. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2007). Conforme Patsko (2006), os sensores analógicos são definidos como aqueles que têm valores limites definidos de tensão, entretanto podem apresentar inúmeros valores intermediários, concluindo-se que para cada valor medido fisicamente existe um sinal de resposta com valor equivalente.

Os sensores estão amplamente presentes no ambiente da automação, incluindo na residencial. Eles são responsáveis por informar as grandezas físicas que se deseja ter controle, e se fundamentando nestas informações, a fim de, definir sua tomada de decisões com base na automação (WENDLING, 2010).

2.5 Protocolos de comunicação

Os protocolos são responsáveis por realizar a comunicação entre dois ou mais dispositivos. Estes são implementados através de algoritmos, que executem

uma tarefa definida. São inúmeros os protocolos disponíveis no mercado, onde cada um se adequará a situação desejada de uso (RIOS, 2011).

2.5.1 Ethernet

Segundo Bezerra (2008) através de espaços geograficamente pequenos, por meio das redes cabeadas, denominadas *Local Area Network* (LAN), se torna possíveis as comunicações pelo protocolo Ethernet. Este protocolo foi desenvolvido para trabalhar a 10 Mbps via cabo coaxial, essa comunicação era por um mesmo fio, se a informação fosse enviada para um destinatário, era recebida por outros computadores.

A tecnologia do protocolo ethernet possibilita atingir taxas de transmissão de até 10 Gbps. Este protocolo é o mais difundido nas empresas e residências, tendo os padrões 10BaseT, 100BaseT e 1000BaseT com taxas de transmissão de 10, 100 e 1000 Mbps respectivamente, como os mais utilizados (BOLZANI, 2004).

2.5.2 IEEE 802.11b

Magno et al. (2013) explanam que o Wi-fi caracteriza normas de uma *Wireless Local Area Network* (WLAN), ou seja, uma rede local sem fio, através do padrão IEEE 802.11. A utilização da WLAN possibilita a criação de redes locais sem a necessidade da utilização de cabos, onde os dados serão transmitidos por rádio frequência.

De acordo com Barizon (2004) as redes wireless são uma extensão da rede local cabeada. A WLAN transforma os pacotes de dados em sinal infravermelho ou radiofrequência e o transmite para um dispositivo sem fio fazendo uso do ar como meio de transmissão.

O padrão IEEE 802.11b é uma atualização da primeira versão do padrão 802.11. O padrão 802.11b foi atualizado para aumentar a velocidade da taxa de transmissão de dados, enquanto a primeira versão trabalha em 1 ou 2 Mb/s a versão b opera à 11 Mb/s, entretanto a banda de frequência para ambas, de 2,4 GHz, se

manteve a mesma. Essa frequência de banda possibilita a comercialização de equipamentos com preços mais acessíveis (MAGNO et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido nas dependências do Centro Universitário UNIFAFIBE, fazendo-se uso de maquete cedida pela instituição de ensino para montagem do conteúdo aplicado ao projeto. Para elaboração deste artigo juntamente com o desenvolvimento teórico-prático utilizou-se de pesquisa bibliográfica, a fim de expandir os conhecimentos sobre o tema abordado.

3.1 Procedimentos

O procedimento de montagem do projeto foi dividido em dois grupos, o grupo lógico, onde foram desenvolvidos os programas que realizam o controle dos componentes físicos e o grupo físico, onde foram dispostos os componentes físicos na maquete.

O programa foi desenvolvido através da plataforma arduino, utilizando a interface IDE do próprio fabricante. O programa controla todos os componentes que estão dispostos na maquete e faz a inserção dos comandos com a web, tornando possível realizar o controle dos componentes tanto pelo computador, quanto por dispositivo móvel conectado a internet.

A maquete, assim como ilustrado na figura 1, possui 1 cozinha, 1 sala, 2 quartos, 1 banheiro e a área externa. No interior da residência foram instalados LEDs em todos os cômodos, para controle de iluminação. Na cozinha foi instalado também o sensor de gás MQ-2, que monitora qualquer possível vazamento de gás ou evidência de fumaça, emitindo um sinal sonoro através de um buzzer caso o mesmo seja acionado. Em um dos quartos foi instalado o sensor de Umidade e Temperatura DHT11, para controle do ambiente. Na área externa foram instalados LEDs juntamente com o sensor de luminosidade LDR 5 mm para iluminar o ambiente externo na ausência de luz.

Figura 1. Maquete da residência a ser automatizada



Fonte: Elaboração Própria (2018)

O portão da garagem foi simulado utilizando um gravador de CD/DVD para computadores *desktop*, de modo a, executar o controle de abertura e fechamento do portão. Para captação de códigos infravermelhos, que visam substituir múltiplos controles como de televisores e ares-condicionados, por exemplo, utilizou-se um receptor infravermelho IR TSOP31238, após captá-los, os códigos foram retransmitidos através de um emissor infravermelho modelo TIL32 5mm.

As chaves de controle de acionamento dos circuitos foram feitas por meio de uma página HTML criada na programação do arduino, de modo a, controlar e monitorar todos os elementos presentes no sistema. Os botões presentes na página HTML são responsáveis por enviar os comandos desejados ao arduino para que este defina a ação desejada pelo usuário.

3.2 Análise de dados

Inicialmente foram feitos dois orçamentos sendo um referente a montagem da maquete como mostrado na tabela 1, e o segundo para determinar os custos para a aplicação em potência assim como mostrado na tabela 2, buscando determinar o menor preço possível para os componentes a serem utilizados na automação, os orçamentos exerceram a função de viabilizar o projeto.

Tabela 1 - Orçamento de componentes para automação de baixo custo para maquete

Componentes	Qtidade	Loja X	Loja Y
Sensor de luminosidade LDR 5mm	1	R\$ 1,90	R\$ 0,30
Arduino Mega 2560 R3 + Cabo USB	1	R\$ 90,90	R\$ 89,90
Sensor de Gás MQ-2 Inflamável e Fumaça	1	R\$ 15,90	R\$ 13,90
Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	1	R\$ 13,90	R\$ 9,50
Sensor de presença PIR	1	R\$ 11,90	R\$ 9,50
Receptor Infravermelho TSOP4838	1	R\$ 7,90	R\$ 8,00
Módulo Relé 5V 2 Canais	1	R\$ 12,90	R\$ 12,50
LED Emissor Infravermelho IR 5mm	1	R\$ 1,40	R\$ 0,57
Ethernet Shield W5100	1	R\$ 53,90	R\$ 52,90
Kit Jumpers x65 M/M	1	R\$ 12,90	R\$ 9,90
Kit Jumpers x40 M/F	1	R\$ 13,90	R\$ 11,90
Protoboard 830 pontos	1	R\$ 16,90	R\$ 19,90
Total		R\$ 254,30	R\$ 238,77

Fonte: Elaboração própria (2018)

Tabela 2 - Orçamento de componentes para automação de baixo custo com potência

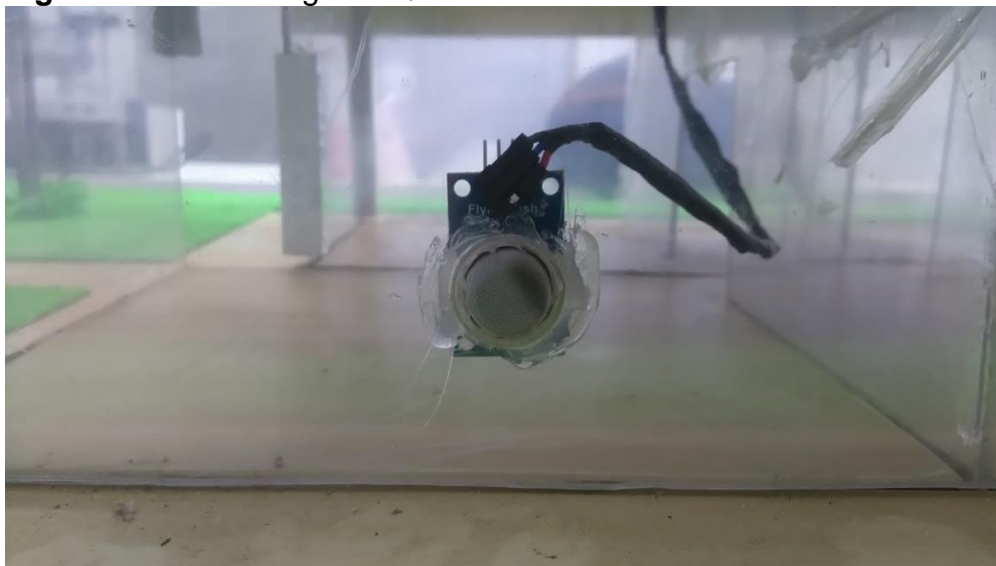
Componentes	Qtidade	Loja X	Loja Y
Relé fotoelétrico fotocélula	1	R\$ 37,40	R\$ 19,50
Placa Mega 2560 R3 + Cabo USB	1	R\$ 90,90	R\$ 89,90
Sensor de Gás MQ-2 Inflamável e Fumaça	1	R\$ 15,90	R\$ 13,90
Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	1	R\$ 13,90	R\$ 9,50
Sensor de presença Qualitronix	1	R\$ 35,90	R\$ 29,90
Interruptor Touch Tok 1 Pad Lumenx	1	R\$ 64,90	R\$ 58,00
Módulo Relé 5V 2 Canais	1	R\$ 12,90	R\$ 12,50
Receptor Infravermelho TSOP4838	1	R\$ 7,90	R\$ 8,00
LED Emissor Infravermelho IR 5mm	1	R\$ 1,40	R\$ 0,57
Cabo Flex Preto 1,5mm	100	R\$ 110,00	R\$ 100,00
Cabo Flex Azul 1,5mm	100	R\$ 110,00	R\$ 100,00
Cabo Flex Amarelo 1,5mm	100	R\$ 110,00	R\$ 100,00
Quadro Geral	1	R\$ 50,00	R\$ 45,00
Ethernet Shield W5100	1	R\$ 53,90	R\$ 52,90
Fonte DC 9V	1	R\$ 14,90	R\$ 11,90
Kit Jumpers x65 M/M	1	R\$ 12,90	R\$ 9,90
Kit Jumpers x40 M/F	1	R\$ 13,90	R\$ 11,90
Tomada Sistema X 10 ^a	1	R\$ 20,00	R\$ 12,00
Total		R\$ 776,70	R\$ 685,37

Fonte: Elaboração própria (2018)

Os experimentos, a fim de se determinar a funcionalidade dos componentes, foram realizados nas dependências do Centro Universitário UNIFAFIBE. Todos os componentes foram testados individualmente para determinar a sua viabilidade e funcionamento, portanto, as lógicas também foram feitas individualmente para os testes.

O sensor de gás MQ-2 ilustrado na figura 2, foi montado em uma breadboard Ever-Muse MB-102 juntamente com um buzzer, na fase de programação foi definido um valor analógico para a medição que serve de parâmetro para o sensor. Após a programação e a montagem do sensor, este foi exposto a fumaça e gás para determinar sua funcionalidade.

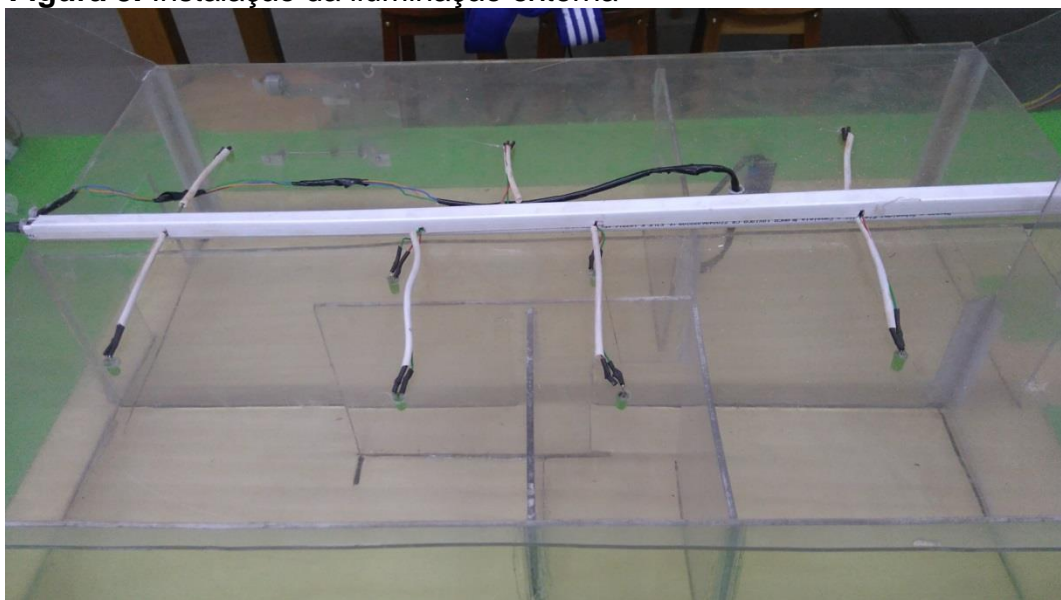
Figura 2. Sensor de gás MQ-2 instalado



Fonte: Elaboração Própria (2018)

A iluminação da residência é feita através de 6 LEDs 5mm, assim como mostrado na figura 3, que foram montados em uma breadboard Ever-Muse MB-102, a programação efetua o controle da iluminação, de modo que cada um dos LEDs são apagados ou acesos através do monitor serial no IDE do arduino.

Figura 3. Instalação da iluminação externa



Fonte: Elaboração própria (2018)

O sensor de movimento piroelétrico (PIR) ilustrado na figura 4 foi montado em uma breadboard Ever-Muse MB-102 juntamente com um LED 5mm, a programação aqui é responsável por unir os dois componentes de modo que ao ser acionado, o PIR, envia um nível lógico alto que acende o LED. O teste foi realizado em ambiente fechado e aberto para determinar o local de melhor aplicação.

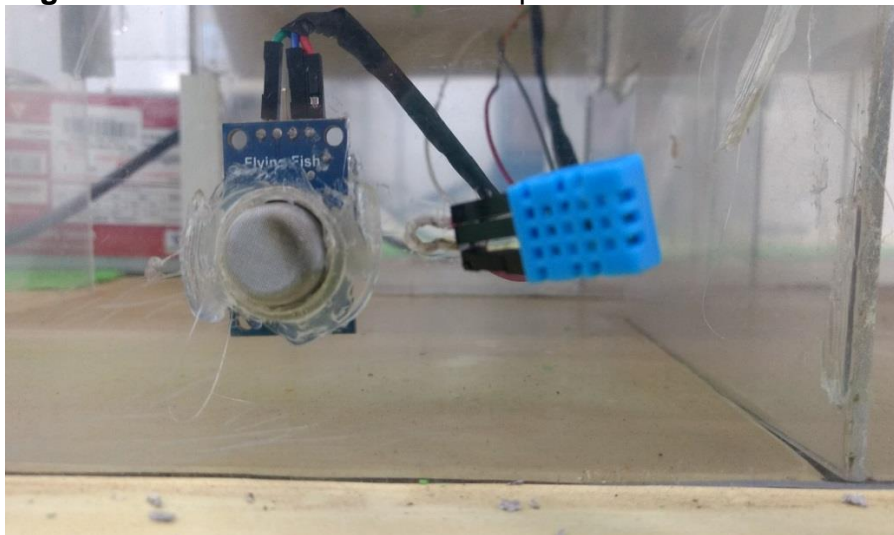
Figura 4. Sensor de movimento PIR



Fonte: Elaboração Própria (2018)

O sensor de umidade e temperatura DHT11 mostrado na figura 5 foi montado em uma breadboard Ever-Muse MB-102, a programação para esse componente teve como objetivo estabelecer a medição, através da lógica e as mensagens que são exibidas juntamente às medições.

Figura 5. Sensor de umidade e temperatura DHT11



Fonte: Elaboração Própria (2018)

O sensor de luminosidade LDR 7mm ilustrado na figura 6, foi montado juntamente com um LED 5mm e 2 resistores de 330Ω , para o divisor de tensão, em uma breadboard Ever-Muse MB-102, a programação faz a leitura do nível lógico do LDR, como base na intensidade de luz no ambiente e determina qual ação deve ser tomada em relação ao LED, acender ou apagar.

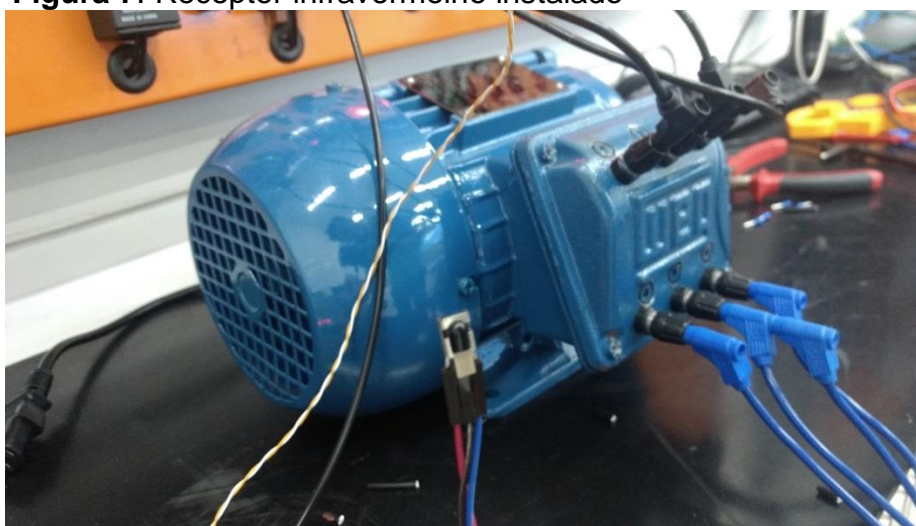
Figura 6. Sensor de luminosidade LDR



Fonte: Elaboração Própria (2018)

O receptor infravermelho TSOP31238 representado na figura 7, foi montado em uma breadboard Ever-Muse MB-102 para captação dos códigos do controle remoto do ar-condicionado de uma das salas no Centro Universitário UNIFAFIBE, após a captação dos códigos estes foram inseridos em um programa que é responsável por transformar o código na mensagem correspondente aos botões do controle remoto para o equipamento de origem. Com a programação pronta foi montado um emissor infravermelho que transmite o sinal ao equipamento.

Figura 7. Receptor infravermelho instalado



Fonte: Elaboração Própria (2018)

O gravador de CD/DVD, que simula o portão, como mostrado na figura 8, foi alimentado por meio de uma fonte de computador, as ligações do portão foram feitas através dos cabos flats do drive e a ligação do circuito ao arduino por meio de um par de fios soldados ao botão de abertura e fechamento do mesmo. Para controlar o portão foi utilizado um borne relé de 5V que recebe os comandos vindos do arduino.

Figura 8. Portão simulado com um gravador de CD/DVD



Fonte: Elaboração própria (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os dispositivos usados nos testes foram orçados no mercado nacional, assim como mostram as tabelas 1 e 2, de modo a levantar o custo total de uma possível automação utilizando equipamentos individuais em detrimento as centrais comercializadas no mercado. Utilizamos como parecer de simulação a maquete, a fim de, verificar a viabilidade da utilização dos componentes na automação. Porém avaliamos os custos de tal aplicação na utilização de potência. Sendo assim, ficou provado que realizar o controle da residência sem a necessidade de despender um valor extremamente elevado é perfeitamente possível.

Devemos ressaltar que os equipamentos utilizados, por serem de baixo custo, não apresentam dados sobre confiabilidade, levantamento estatístico e probabilidade de falhas e se comparados às centrais de automação de alto custo existentes no mercado estas são bem mais robustas e confiáveis. E para a aplicação real de um sistema de automação residencial real fazendo uso do arduino, seria necessária a fabricação de uma placa de circuito impresso que acoplaria todos os dispositivos inseridos na automação, o que dificultaria futuras ampliações no sistema.

Os testes com os dispositivos foram realizados individualmente, a fim de, determinar sua funcionalidade dentro da aplicação proposta. Todas as lógicas de programações foram elaboradas separadamente e submetidas a testes fazendo uso do Arduino modelo UNO e do *ethernet shield* ligados a um computador através do cabo de rede.

Ao longo dos testes fez-se necessária a integração dos códigos de programação, a fim de, fazer com que o sistema funcione de forma unificada. O arduino UNO utilizado nos testes individuais não foi capaz de atender a demanda de processamento da lógica de programação extensa, casado também ao fato de que a quantidade de entradas e saídas analógicas e digitais do mesmo não seriam suficientes para atender as especificações do projeto, portanto, o arduino UNO foi substituído pelo arduino MEGA, que possui maior capacidade de processamento, além de, mais entradas e saídas. Juntamente ao arduino MEGA também foi utilizado um *ethernet shield*, que é responsável por convergir à comunicação dos múltiplos dispositivos em um único ponto, tornando possível o comando de todos os dispositivos simultaneamente através de um comando enviado por meio de uma página HTML, assim como mostrado na figura 9, que foi configurada na rede local da residência.

Figura 9. Página HTML



Fonte: Elaboração própria (2018)

O sensor de gás MQ2 foi instalado em uma breadboard juntamente a um buzzer, a fim de, simular um alarme residencial em caso de existência de chamas ou fumaça. O sensor foi ajustado com base na medição de gases combustíveis presentes no ambiente. Inicialmente, com base nesta medida, ajustou-se um *setpoint* para que o alarme fosse acionado quando o valor medido fosse extrapolado. O sensor de gás atende a demanda proposta tanto na questão funcional quanto na questão financeira, por ser um sensor com custo baixo se comparado às centrais de alarme de incêndio.

O sensor de temperatura e umidade DHT11 também foi instalado em uma breadboard. Neste teste, o intuito foi determinar se o sensor teria capacidade de realizar as medições de temperatura e umidade do ambiente. Este sensor possui uma precisão de medição de temperatura de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ e de 5% na medição da umidade. Ao realizar os testes, consideramos que este sensor atende nossas necessidades. Em questão de custo benefício o DHT22 é mais indicado, pois, apesar de possui valor de mercado pouco mais elevado que o DHT11, de acordo com o fabricante este é mais preciso em suas medições, tendo uma precisão na medição da temperatura de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e os mesmos 5% na medição da umidade.

Para simulação da iluminação interna da residência foram utilizados leds que receberiam pulsos através de comandos enviados pela internet, de modo que, estes pulsos fossem responsáveis por ligar e desligar os leds, na maquete não foram instalados botões para simular os interruptores. Porém nos testes realizados com potência os interruptores convencionais não conseguiram atender a solicitação devida sua retenção de estado, pois quando se ligava o interruptor mecanicamente eram necessários dois pulsos para que fosse possível desligar a lâmpada. Portanto, fez-se uso de um interruptor de pulso, por este não reter o estado anterior, juntamente a um relé, que receberá o sinal do microcontrolador e o transmitirá até a carga, eliminando assim a necessidade de comandos desnecessários para o funcionamento adequado da iluminação.

A iluminação externa foi montada em uma breadboard juntamente a um sensor de luminosidade LDR, de modo que, quando a iluminação do ambiente

escurecer o led acende automaticamente e ao ter luz novamente o sensor automaticamente desliga o led. O controle deste sistema foi realizado por meio da própria programação, de modo que, se teve maior praticidade se comparada com a regulagem feita via potenciômetro e um divisor de tensão. Durante os testes foi possível ajustar os sensores para que funcionassem em diferentes ambientes apenas fazendo a alteração dos valores de parâmetro de luminosidade inseridos no código de programação. Nos testes o sensor LDR simula uma fotocélula, que tem o mesmo princípio de funcionamento, porém, nesta pesquisa este é próprio para ser usado com potência, então temos um sensor que atende a demanda necessária para a iluminação externa, de modo a sempre manter o ambiente externo iluminado.

Para simulação das funcionalidades do portão fez-se uso de um gravador de CD/DVD para computadores desktop, de modo a termos o controle de abertura e fechamento do portão através de um comando enviado pelo microcontrolador por meio da internet. Foi necessária a utilização de um relé para evitar a retenção de estado ocasionada pela programação. Na aplicação em potência parte-se do mesmo princípio de utilização do relé, de modo que, este relé receberá o comando proveniente do microcontrolador e o transmitirá até a potência do motor do portão abrindo-o ou fechando-o através da internet.

Os testes com o sensor de presença PIR não foram satisfatórios tendo em vista que este não atendeu aos testes propostos, apresentando problemas tanto em ambiente interno quanto externo, de modo a não conseguir acender os leds quando sua área de atuação era adentrada. Porém, na aplicação de potência existem sensores de presença que são comercializados por preços pouco superiores ao próprio PIR, como mostrado nas tabelas 1 e 2, tornando assim, mais interessante o investimento em sensores de presença próprios para potência, por se apresentarem com melhor funcionalidade.

Os testes foram feitos inicialmente com o receptor infravermelho TSOP31238 para captar os códigos dos dispositivos. Neste caso, controles que transmitem os sinais infravermelhos para equipamentos como ar-condicionados e televisores, o receptor funcionou corretamente captando códigos de diferentes dispositivos, porém, alguns dispositivos apresentaram códigos iguais para mais de uma tecla diferente, e estes códigos ao serem retransmitidos pelo emissor infravermelho TIL32 5mm não

executavam o controle do equipamento como desejado. Porém, aqueles equipamentos cuja coleta dos códigos se deu corretamente, em que cada tecla do controle apresentou um código diferente, foi possível controlar o equipamento sem problemas. Deste modo, a captação e retransmissão dos códigos infravermelhos através deste sistema funcionam com equipamentos específicos. Portanto deve-se sempre testar os equipamentos que se deseja controlar para saber se será possível tal controle.

A título de comparação dos valores apresentados ao longo do trabalho, foi solicitado um orçamento a uma empresa de automação da cidade de São Paulo, no orçamento solicitamos o controle de 6 lâmpadas, juntamente com os acionadores locais e o controle remoto das mesmas via smartphone. Atendendo a essas especificações o valor orçado foi de aproximadamente R\$10.000,00.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise sobre a automação residencial no Brasil; mais especificamente sobre as principais barreiras que este tipo de automação ainda encontra para sua ampla disseminação, além do fato de possibilitar testes com dispositivos alternativos existentes no mercado nacional aos comumente usados para esse tipo de automação.

Os testes com os diversos dispositivos utilizados durante o projeto mostraram que existem equipamentos baratos no mercado nacional que podem substituir os equipamentos de alto custo. O ponto negativo destes dispositivos de baixo custo se dá na baixa confiabilidade, ausência de estatísticas de funcionamento e probabilidade de falhas quando comparados aqueles de alta performance. Entretanto, o baixo custo dos dispositivos também torna a manutenção mais barata.

Fazendo um comparativo entre o orçamento apresentado na tabela 2, onde o valor total para controlar múltiplos elementos dentro da residência foi menor que R\$800,00, e o orçamento adquirido com uma empresa especializada em automação que apresentou um valor de R\$10.000,00 apenas para o controle da iluminação, é possível dizer que existe uma grande possibilidade de atuação para o engenheiro

eletricista neste mercado, propondo soluções de baixo custo, mas que atendam as expectativas do mercado consumidor.

Portanto, mesmo sabendo que cada projeto irá variar de acordo com os itens desejados, podemos concluir que é perfeitamente possível realizar um projeto de automação residencial de baixo custo mesmo com as opções presentes no mercado nacional.

REFERÊNCIAS

ACCARDI, A.; DODONOV, E. **Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos**. T.I.S. – Tecnologias, Infraestrutura e Software, São Carlos, v.1, n.2, nov. 2012. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO02.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2018.

BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros passos com o arduino**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

BARIZON, B. M. **Medidas de propagação em 2,4 GHz para o planejamento de redes locais de acesso sem fio**. Dissertação (Pós-Graduação). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5688/5688_4.PDF>. Acesso em: 19 Mar. 2018.

BEZERRA, R. M. **Ethernet**. Disponível em: <<http://www2.ufba.br/~romildo/downloads/ifba/ethernet.pdf>>. Acesso em: 09 Nov. 2017.

BOLZANI, C. A. M. **Residências inteligentes**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

BORTOLUZZI, M. **Histórico da automação residencial**. Disponível em: <http://sraengenharia.blogspot.com.br/2013/01/historico-da-automacao-residencial_10.html>. Acesso em: 19 Fev. 2018

DIAS, C. L.; PIZZOLATO, N. D. **Domótica: aplicabilidade e sistemas de automação residencial**. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/viewFile/1809-2667.20040015/86>>. Acesso em: 16 Fev. 2018

ENG, K. et al. **Ada: constructing a synthetic organism**. In: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Proceedings. Lausanne, Suíça, 2002. Disponível em: <http://www.ini.uzh.ch/admin/extras/doc_get.php?id=41932>. Acesso em: 20 Out. 2017.

FERREIRA, V. Z. G. **A domótica como instrumento para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiência**. Dissertação (Monografia),

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010. Disponível em: <<https://editor.ifpb.edu.br/campi/joao-pessoa/cursos/cursos-superiores-de-tecnologia/automacao-industrial/arquivos/documentos/A%20DOMOTICA%20COMO%20INSTRUMENTO%20PARA%20A%20MELHORIA%20A%20QUALIDADE%20DE%20VIDA%20DOS%20PORTADORES%20DE%20DEFICIENCIA.pdf>>. Acesso em: 20 Fev. 2018.

LIMA, E. M. S.; NOBRE, A. Y. M.; ALENCAR, R. A. E. **Automação residencial de baixo custo com arduino mega e ethernet shield**. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/_pdf/TCC_615.pdf>. Acesso em: 12 Fev. 2018.

LINS, V.; MOURA, W. **Domótica: automação residencial**. Recife: Unibratex, 2010. Disponível em: <http://www.unibratex.edu.br/tecnologus/wp-content/uploads/2010/12/lins_moura.pdf>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MAGNO, R. et al. **Como evoluíram as normas wi-fi IEEE 802.11?**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_13_14/uploads/relat_1MIEEC01_3.pdf>. Acesso em: 19 Mar. 2018.

MAINARDI, E. et al. **A low-cost home automation system based on power-line communication links**, 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2005 - September 11-14, 2005, Ferrara, Itália.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MURATORI, J. R.; DAL BÓ, P. H. **Automação residencial: histórico, definições e conceitos**, p. 70-77, 2011. Disponível em: <http://www.instalacoeseltricas.com/download/Automacao_residencial1.pdf>. Acesso em: 11 Fev. 2018.

PATSKO, L. F. **Tutorial aplicações, funcionamento e utilização de sensores**. Disponível em: <http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf>. Acesso em: 19 Set. 2017.

PINHEIRO, J. M. S. **Sistemas de automação**. 2004. Disponível em: <http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo_sistemas_automacao.php> Acesso em 26 Fev. 2017.

RIBEIRO, M. A. **Fundamento da automação**. Salvador: Verão, 2003.

RIOS, R. O. **Protocolos e serviços de redes: curso técnico em informática**. Colatina: CEAD / Ifes, 2011. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_infor_comun/tec_inf/081112_protoserv_redes.pdf>. Acesso em 06 Nov. 2017.

ROVERI, M. R. **Automação residencial**. 2012. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Rede de Computadores) – Faculdade Politec, Santa Bárbara d’Oeste, 2012. Disponível em <http://www.mariolb.com.br/blog/_static/TCC/TCC-AutomacaoResidencial-MichaelRoveri-2012.pdf>. Acesso em: 12 Abr. 2017.

SOUZA, A. R., et al. **A placa arduino**: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Disponível em <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/331702.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2018.

TEZA, V. R. **Alguns aspectos sobre automação residencial** – Domótica. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83015/212312.pdf>>. Acesso em: 10 Fev. 2018.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores industriais**: fundamentos e aplicações. 4. ed. São Paulo: Érica, 2007.

WENDLING, M. **Sensores**. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 19 Set. 2017.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. **Automação residencial**: busca de tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2. Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2005. Disponível em: <http://inf.aedb.br/seget/artigos05/256_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf>. Acesso em: 15 Set. 2017.

Recebido em 6/12/2018

Aprovado em 19/12/2018