

# Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT)

Tiago Wanzeler, Heleno Fülber e Bruno Merlin

**Resumo** - Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo controlado através de um dispositivo móvel utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica *Arduino*. Aliado ao desenvolvimento deste sistema, o artigo aborda o conceito de Internet das Coisas (IoT) com a utilização de sensores e atuadores responsáveis pela comunicação e acionamento de dispositivos microcontrolados.

**Palavras-Chave** – *Automação, Sistema, Arduino*.

**Abstract** - This paper presents the development of a low cost home automation system. It is implemented using the electronic prototyping platform *Arduino*. The system is controlled by a mobile device. Coupled with the development of the system, the article discusses the concept of Internet of Things (IoT) with the use of sensors and actuators in charge of communication and control of microcontroller devices.

**Keywords** - *Automation, System, Arduino*.

## I. INTRODUÇÃO

A lista de funcionalidades da casa inteligente é enorme. Por controle remoto ou até mesmo pelo celular, é possível controlar aparelhos eletrodomésticos, ar-condicionados, cafeteiras, microondas, TVs, rádios, máquinas de lavar, Smartphones, além de acender e apagar luzes de todos os cômodos, acionar o sistema de segurança e abrir e fechar portas [1]. Nesse contexto surge o conceito de Internet das Coisas (*IoT*, do Inglês *Internet of Things*), que tem por finalidade interligar os equipamentos eletrônicos que usamos no dia a dia à internet ou bases de dados com o uso de redes de sensores, processar essas informações e retornar em benefícios ao usuário [2].

Essa nova abordagem surge com a Automação Residencial (AR) e vem apresentando inúmeros benefícios quando comparamos os sistemas eletrônicos e eletromecânicos integrados com os sistemas isolados, de eficiência limitada. Isso é claramente percebido pelo fato de que os sistemas atuando separadamente pressupõe a existência de infraestruturas dedicadas [3]. É fato que nos últimos anos a AR tem novamente despertado o interesse das pessoas, não só aqueles com formação técnica na área. A computação pessoal e a Internet são as principais responsáveis pela naturalidade com que conversamos sobre tecnologias em nossas casas usando um jargão antes restrito apenas aos analistas de sistemas [4].

Sabe-se, que a automação residencial proporciona uma série de benefícios aos usuários. Entretanto, muitas vezes a implementação desta não pode ser realizada pelo seu alto custo de investimento e complexidade. Visando a simplicidade de

implementação, comodidade e baixo custo para o usuário final, o modelo de automação residencial apresentado neste trabalho busca simplificar a automatização de uma série de processos residenciais, aliado ao baixo custo de investimento aplicando o conceito de *IoT*.

O sistema desenvolvido tem as seguintes funcionalidades: interconectar todo o sistema de iluminação de uma residência para que possa ser controlado, que vai desde um simples ligar ou desligar uma lâmpada remotamente à dimerização das luzes de determinados ambientes; monitoramento da temperatura de um dos cômodos da casa; e implementação de sistema de alarme que se comunica com o *smartphone* do usuário, visando a segurança residencial. Todos os módulos do sistema apresentados neste projeto visam à facilidade e dinamismo no acesso a determinadas funcionalidades para usuários deficientes ou não. Salienta-se que o projeto do sistema de controle e automação através de conjunto de ferramentas e dispositivos possui estas funcionalidades, mas se sabe que pode ser expandido para inúmeros processos ou “coisas” a controlar através de outros sensores e atuadores.

De forma inovadora e atendendo as perspectivas de mercado, bem como atendendo ao requisito de praticidade, o sistema é controlado por meio de um dispositivo móvel (*smartphone*) que possui acesso a todas as funcionalidades do sistema de automação residencial através de simples toques em tela, bastando apenas este está conectado à rede interna da casa. As solicitações são enviadas pelo usuário através de um aplicativo desenvolvido especificamente para o projeto. Este possui uma interface gráfica personalizada e intuitiva, estando subdividido através de módulos representados por cores. A cor verde representa o módulo do controle das lâmpadas, a cor cinza a dimerização da iluminação, o amarelo representa o módulo de controle da iluminação RGB, a cor ciano representa o controle do sistema de alarme e a cor lilás o módulo responsável pelo monitoramento da temperatura.

Os dispositivos ou “coisas” se comunicam através da atuação de sensores e os dados recebidos pelo microcontrolador, este último tomando as ações necessárias inerentes ao controle da residência, o qual realiza a função desejada. Um dos princípios que nortearam a pesquisa foi o binômio custo-benefício, pois existe um grande valor agregado nos benefícios oferecidos ao usuário, tais como: praticidade, conforto e segurança na execução das tarefas com baixo custo de investimento, este último sendo o principal estímulo em melhorias na automação residencial através desta plataforma *open-source* de prototipação eletrônica baseada na

Tiago Wanzeler, Heleno Fülber e Bruno Merlin, Departamento de Engenharia da Elétrica, Universidade Federal do Pará, Tucuruí-PA, Brasil, E-mails: twanzeler@ufpa.br, fulber@ufpa.br, bruno.merlin@gmail.com.

flexibilidade, com *hardware* e *software* fácil de usar e que a cada dia vem crescendo no mundo, que é a plataforma *Arduino*.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### A. Plataforma Arduino

Segundo informações do site oficial do arduino [5], esta é uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica que integra flexibilidade visando facilitar o uso tanto do hardware e do software. Ele é constituído por uma placa única com suporte de entrada/saída, pode captar informações do ambiente através da porta de entrada que permite integrar atuadores com o meio externo. O microcontrolador na placa do Arduino é um Atmel AVR de 8 bits programado usando a linguagem de programação padrão, essencialmente utiliza-se C/C++ para enviar os comandos ao Arduino. Projetos do Arduino podem ser *stand-alone*, ou seja, possuem o código já compilado em seu chip ou podem comunicar com software rodando em um computador. É destinado a artistas, designers, *hobbistas* e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. Através dele pode-se adquirir informações do estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores [2]. Por utilizar os microcontroladores da família AVR, essa plataforma é composta por inúmeras versões, conforme mostra a Tabela I.

TABELA I. COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DA PLATAFORMA ARDUINO

	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Mega 2560</b>	<b>Arduino Mega 1280</b>
<b>Micro-controlador</b>	ATmega 328	ATmega 2560	ATmega 1280
<b>Nº de portas de E/S digital</b>	14 (sendo que 6 podem ser usadas como PWM)	54 (sendo que 15 podem ser usadas como PWM)	54 (sendo que 14 podem ser usadas como PWM)
<b>Nº de portas de entrada analógica</b>	6	16	16
<b>Flash Memory</b>	32 KB	256 KB	128 KB
<b>Clock Speed</b>	16 MHz	16 MHz	16 MHz

### B. Internet of Things (IoT)

A Internet das Coisas é um paradigma que vem ganhando espaço no cenário moderno das telecomunicações *wireless*. A ideia consiste em poder conectar uma variedade de objetos, como sensores, *tags* RFID, *smartphones*, computadores, e até objetos de uso mais comum, entre si. Estes objetos geram um fluxo de dados e a conexão permite que eles transmitam estes dados para outros objetos no meio, formando assim uma Internet de coisas [2].

### C. Mecanismos de Comunicação

O protótipo do sistema de automação residencial apresentado neste artigo, visando aliar o conceito de *IoT* baseia-se na comunicação sem fio. Esta comunicação faz o uso do protocolo OSC (*Open Sound Control*), suportado através do ambiente de desenvolvimento utilizado, o TouchOSC Editor.

Este se comunica com a central de controle utilizando o protocolo de comunicação via Wi-fi. Ou seja, este protocolo é utilizado para enviar e receber mensagens entre o usuário (através da aplicação TouchOSC) e a central de controle, sendo esta última formada pelo arduino (responsável pelos acionamentos) e acoplado a este um *Ethernet Shield* responsável por conectar o arduino na rede e realizar a comunicação com as “coisas”.

#### OSC Protocol:

*Open Sound Control* (OSC) é um protocolo de comunicação entre computadores, sintetizadores de som e outros dispositivos de multimídia que é otimizado para a tecnologia de rede moderna. Trazendo os benefícios da tecnologia de rede moderna para o mundo dos instrumentos musicais eletrônicos, vantagens do OSC incluem a interoperabilidade, a precisão, flexibilidade e reforço da organização e documentação. Este protocolo simples oferece tudo o necessário para o controle em tempo real de som e outros meios de processamento mantendo-se flexível e fácil de implantar. Existem dezenas de implementações de OSC, incluindo som em tempo real e ambiente de processamento de mídia, ferramentas de interatividade web, sintetizadores de software, uma grande variedade de linguagens de programação, e dispositivos de hardware para a medição dos sensores [6].

#### TouchOSC Editor:

É o software que foi utilizado para criação e personalização da interface gráfica do sistema de controle deste projeto. Todos os *layouts* TouchOSC só podem ser criados e modificados com esta aplicação, que é gratuita e compatível com as plataformas Mac OS X, Windows e Linux. O *TouchOSC Editor* pode ser baixado direto do site do desenvolvedor [7]. Vale salientar que a aplicação *editor* necessita da máquina virtual Java para funcionar.

#### Wi-Fi:

É um conjunto de especificações para redes locais sem fio (*WLAN - Wireless Local Area Network*) baseada no padrão IEEE 802.11. O nome *Wi-Fi* é tido como uma abreviatura do termo inglês "*Wireless Fidelity*", embora a *Wi-Fi Alliance*, entidade responsável principalmente pelo licenciamento de produtos baseados na tecnologia, nunca tenha afirmado tal conclusão. A referida tecnologia foi utilizada por possibilitar a comunicação e conexão sem fio entre computadores e outros dispositivos compatíveis na rede, como notebooks, *tablets* e *smartphones*, que estejam próximos geograficamente. Neste projeto ela é o meio de comunicação que possibilita a conexão sem fio e envio de mensagens entre o aplicativo desenvolvido e a central de controle, por não utilizar cabos permitirá o usuário controlar as funcionalidades do sistema de qualquer ponto dentro dos limites de alcance da transmissão de radiofrequência. A flexibilidade do *Wi-Fi* é tão grande que se tornou viável a implementação de redes que fazem uso desta tecnologia nos mais variados lugares, principalmente pelo fato de as vantagens citadas no parágrafo anterior muitas vezes resultarem em diminuição de custos [8]. Característica importante para o desenvolvimento deste projeto.

### D. Componentes Utilizados

É mostrada logo a seguir uma lista com os principais componentes que foram utilizados para o desenvolvimento do protótipo apresentado neste artigo:

- Arduino Uno;

- *Ethernet Shield*;
- Módulo Relé 5V;
- Sensor de Temperatura (LM35);
- Sensor de Luminosidade (LDR);
- Sensor de Movimento (PIR);
- Roteador 150 Mbps;
- *Smartphone*;
- Lâmpadas;

### III. METODOLOGIA DO MODELO PROPOSTO

#### A. Apresentação geral

O projeto desenvolvido consiste na implementação de várias funcionalidades que se dividem em três categorias básicas: *Sistema de Iluminação*, *Monitoramento da Temperatura* e *Sistema de Alarme Residencial*. A Fig. 1 apresenta um esquema geral do funcionamento do sistema desenvolvido.

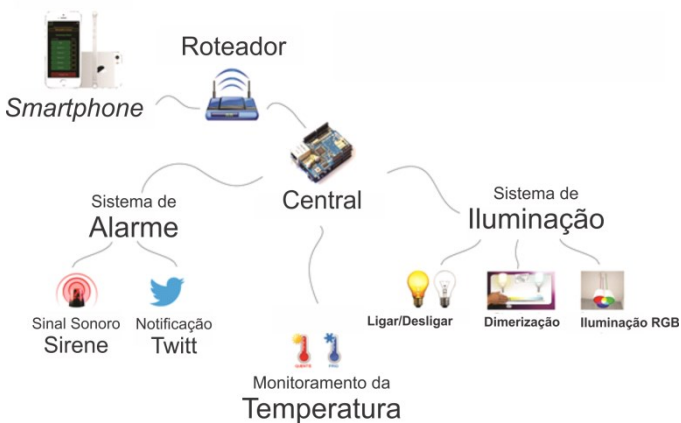


Fig. 1. Esquema geral de funcionamento do modelo proposto.

#### B. Descrição do Funcionamento

Podem-se observar através da Fig. 1 as três grandes funcionalidades básicas do sistema desenvolvido neste projeto, estas são descritas com mais detalhes a seguir.

##### *Controle do Sistema de Iluminação da Residência:*

O usuário pode ligar ou desligar as lâmpadas através do sistema de controle *smartphone* ou uso do interruptor convencional, além de poder contar com um sistema de iluminação dimerizável, onde através deste pode controlar a intensidade luminosa de determinada lâmpada, agregando grande utilidade ao sistema, visto que não trabalhar com a iluminação em sua intensidade máxima pode gerar redução na conta de energia. O sistema possui também o controle de iluminação RGB, onde o usuário pode personalizar determinado ambiente através da variação dessas três cores (*Red*, *Green* e *Blue*), podendo acentuar os detalhes arquitetônicos de uma sala ou criar um clima especial, seja ele romântico ou festivo.

##### *Monitoramento da Temperatura:*

Através da utilização de um sensor LM35, este módulo permite o monitoramento da temperatura de determinado ambiente da casa. No protótipo desenvolvido esta função monitora a temperatura da sala, visto que para a implementação nos demais ambientes teria o mesmo princípio de

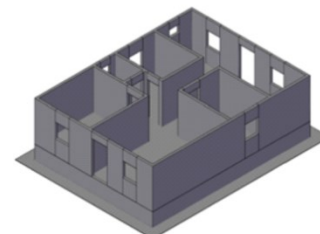
funcionamento. A importância do monitoramento da temperatura é que, como por exemplo, ao se chegar a uma temperatura pré-definida poder-se-ia acionar determinado dispositivo para resfriar ou aquecer o ambiente, contudo para este projeto fez-se a utilização apenas do monitoramento, mas sabe-se que as opções são inúmeras.

##### *Sistema de Alarme:*

Foi implementado também um sistema de alarme residencial que se baseia na utilização de um sensor de movimento. Após ativação do alarme através do aplicativo, caso o sensor (PIR) detecte algum movimento em seu raio de captura, o alarme será disparado. O disparo do alarme aciona uma buzina que emitirá um sinal sonoro informando que há um possível intruso na residência e logo após o sistema emite também uma notificação via *twitter* para o usuário informando que o alarme foi violado, bastando apenas o celular está conectado à internet para receber a notificação. Esta notificação via *twitter* foi de grande utilidade, visto que além de ser extremamente funcional é de uso gratuito, pois utiliza uma biblioteca disponibilizada no site oficial do arduino, bastando o usuário ter uma conta no *twitter*, que também é gratuita. Contribuindo assim com um dos principais objetivos propostos, que é a relação custo-benefício.

#### C. Desenvolvimento do Protótipo

Em busca de melhores resultados no desenvolvimento deste sistema de automação residencial, aplicando o conceito já citado acerca da Internet das Coisas, foi implementado um projeto prático através da utilização de uma maquete residencial para melhor visualização e aplicação dos das funcionalidades do sistema. A Fig. 2-(a) mostra a maquete que foi projetada utilizando *software* específico para desenhos tridimensionais e a Fig. 2-(b) apresenta a maquete construída.



(a)



(b)

Fig. 2. Maquete utilizada no projeto: (a) Projetada; (b) Construída.

A partir do término da construção da maquete deu-se início a fase de montagem dos componentes que seriam utilizados em cada uma das funcionalidades do sistema. A Fig. 3 apresenta a maquete após o término da implementação dos componentes físicos inerentes ao sistema. Onde, observam-se as lâmpadas e seus interruptores inseridos nos cômodos da “casa”, e a parte inferior da maquete que foi destinada a alocação da fiação e dos demais componentes, como bateria, buzina e a central de controle.

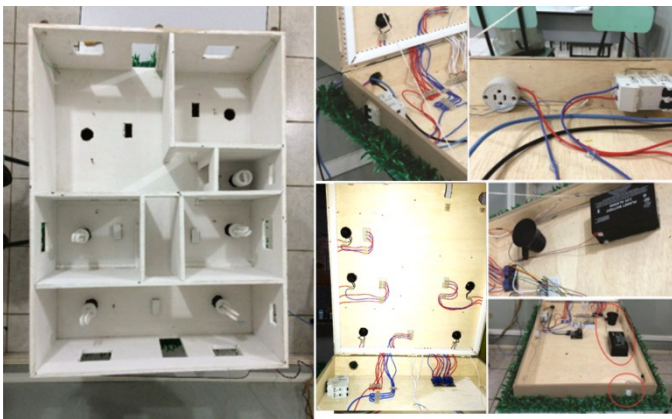


Fig. 3. Componentes físicos montados na maquete.

#### IV. APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Visando obter resultados da utilização prática do protótipo apresentado foram realizados simulações e testes no sistema desenvolvido.

Inicialmente, no sistema de alarme residencial, através do aplicativo desenvolvido o usuário pode ativar e desativar o alarme, ver Fig. 4-(a). A partir do momento que o alarme esteja ativado o sensor PIR monitora se há algum movimento, caso positivo ele aciona um sinal sonoro e envia a notificação para o usuário através de um *twitt*, Fig. 4-(b).



Fig. 4. Sistema de Alarme: (a) Tela da aplicação; (b) Notificação via *Twitt*.

Esta funcionalidade é extremamente útil. Pois, com a popularização das redes sociais e da internet, uma nova possibilidade para alertar as pessoas sobre o que está acontecendo em qualquer lugar está em evidência. Ao integrar um alarme com redes sociais, as limitações de um sistema sonoro seriam minimizadas.

O monitoramento da temperatura também se mostrou de acordo com o esperado, foi inserido no *loop* principal do código no arduino uma rotina para receber o valor lido pelo sensor LM35 e logo após converter para graus Celsius. Este valor é enviado para o módulo responsável pelo seu monitoramento. A Fig. 5 mostra este módulo em funcionamento.

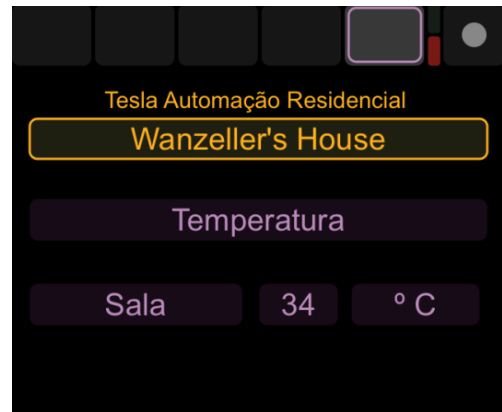


Fig. 5. Monitoramento da Temperatura.

Por fim, foi analisado o funcionamento do sistema de iluminação, que também se mostrou útil e prático. A iniciar pelo controle de lâmpadas da residência, foram inseridas lâmpadas convencionais de 14W que são controladas tanto pelo celular quanto pelo sistema convencional (interruptores). A Fig. 6 apresenta o sistema após a realização do acionamento de algumas das lâmpadas.

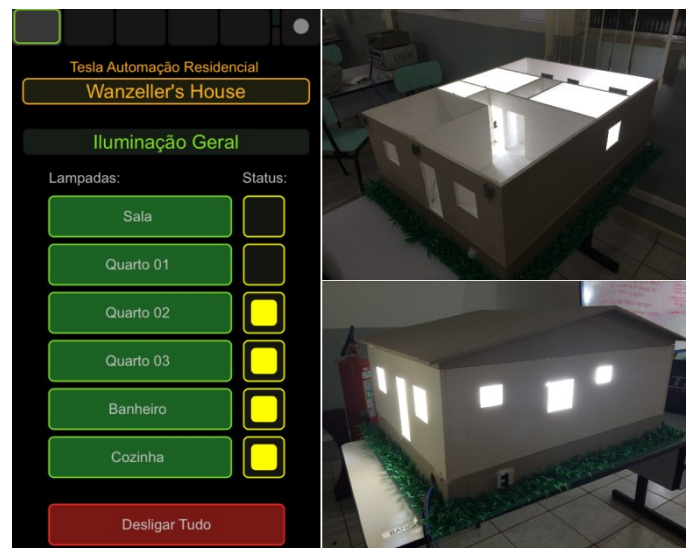


Fig. 6. Acionamento das lâmpadas da residência.

Como o acionamento das lâmpadas também pode ser feito pelos interruptores, este foi testado, e verificado seu correto funcionamento. Com isso, percebeu-se também o funcionamento do sensor de luminosidade (LDR) fazendo o papel de monitorar o status da lâmpada. Logo após a lâmpada ser acionada o status da lâmpada passou a indicar que a mesma estava ligada (ver Fig. 6), em seguida ao desligar a lâmpada pelo interruptor o status da lâmpada passou a indicar que a mesma estava desligada.

Como mencionado, o sistema possui também módulos de controle de iluminação dimerizável, que apresenta como diferencial a possibilidade do usuário poder controlar a intensidade luminosa da lâmpada através da aplicação desenvolvida. Através da interface da aplicação pode-se escolher a intensidade desejada, podendo através deste efeito criar ambientes específicos para determinada situação, como reduzir a luminosidade quando foi assistir a um filme ou jogo de futebol em sua sala. Dando um toque de sofisticação em seu ambiente.



Com um efeito similar ao efeito de dimerização, a iluminação do quarto 01 simula uma iluminação RGB sendo controlada pelo aplicativo, onde através de três fader's disponíveis no módulo responsável pelo controle deste, o usuário pode controlar estas três variações de cores. Seja para valorizar determinada local, ou para iluminar um ambiente festivo ou até mesmo para criar um ambiente romântico através dessa variação de cores, podendo resultar em diversas cores. A Fig. 7 mostra alguns dos testes que foram realizados com este tipo de iluminação bem como suas combinações de cores.

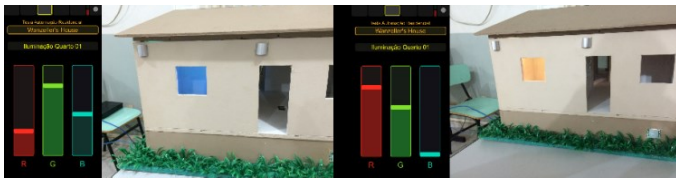


Fig. 7. Iluminação RGB.

### V. CUSTOS DO MODELO PROPOSTO

Um dos objetivos do projeto foi desenvolver um sistema de automação residencial de baixo custo utilizando a plataforma livre arduino. Vale ressaltar que hoje a automação aliada ao conceito de *IoT* está a cada dia se tornando mais acessível, contudo esta ainda é restrita a usuários com alto poder aquisitivo. Projetos de automação que podem ser contratados por empresas especializadas podem variar entre 10 e 50 mil reais, segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial - AURESIDE. Estes variam de simples automatização das luzes à complexos sistemas de automação residencial. A Tabela II apresenta os valores gastos para desenvolver este protótipo de automação residencial.

TABELA II. CUSTOS DO MODELO PROPOSTO

Material	Qt.	Preço Un.	Total
Kit Arduino Básico	1 Un.	R\$ 110,00	R\$ 110,00
Maquete	1 Un.	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Arduino	1 Un.	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Ethernet Shield	1 Un.	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Bateria 12 V	1 Un.	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Relés 5 V – 2 Canais	2 Un.	R\$ 12,00	R\$ 24,00
Fonte P/ Arduino	1 Un.	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Sirene 12 V	1 Un.	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Sensor LDR	4 Un.	R\$ 2,00	R\$ 8,00
Sensor PIR	1 Un.	R\$ 10,00	R\$ 10,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 446,00</b>

### VI. CONCLUSÕES

No contexto atual do controle de residências através de sistemas embarcados, utilizando microcontroladores como central da automação, o Arduino *Uno* mostrou-se uma ferramenta de fácil implementação, além de possuir uma boa relação custo-benefício para o controle de determinados processos residenciais. Embora limitado em alguns aspectos, como capacidade de processamento de dados e números de portas disponíveis que poderiam ser utilizadas no projeto. Esta última foi uma dificuldade encontrada na execução deste projeto, pois à medida que o projeto cresce, fica limitado ao número de portas disponíveis do Arduino. Uma solução para este problema seria a utilização de um Arduino Mega, que possui maior número de portas e maior capacidade de processamento.

A utilização da aplicação *TouchOSC Editor* para desenvolver o aplicativo, que veio a controlar todo sistema, mostrou-se uma alternativa extremamente viável para desenvolver aplicações com dispositivos móveis, mesmo para desenvolvedores sem grande experiência em programação. De fácil manipulação, o ambiente permite a criação de interfaces intuitivas e personalizadas para dispositivos móveis, área que está cada vez mais explorada com a popularização de *smarthphones* e tablets. O aplicativo desenvolvido mostrou-se simples e funcional, ponto favorável à utilização deste sistema.

Outro ponto que se mostrou favorável foi de o sistema possuir uma relação custo-benefício atraente, além de ser acessível quanto à implementação por um usuário não tão experiente na área de automação. Mesmo considerando os custos de profissionais especializados e seus sistemas de automação residencial atuante no mercado. O custo do sistema desenvolvido neste trabalho se mantém atrativo em relação aos sistemas comerciais existentes.

Os benefícios que a automação residencial pode trazer são vários. Ademais, a área de automação residencial está em crescente evolução, e a tendência é a utilização de sistemas mais robustos e com maior capacidade de processamento de dados, integrando o maior número possível de aplicações e fazendo com que o binômio custo-benefício tenha cada vez mais relevância.

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de um sistema de automação residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica arduino. Buscando aliar um baixo custo de investimento ao projeto e também apresentar de que forma pode ser integrada ao conceito de *IoT*. Então, a partir dos fatos relatados e resultados encontrados no decorrer do desenvolvimento e testes do modelo proposto, pode-se concluir que o objetivo do trabalho foi alcançado através dos métodos implementados.

### REFERÊNCIAS

- [1] **Por dentro da casa inteligente. Publicado na Revista TI.** Disponível em: <http://www.aureside.org.br/artigos/default.asp?file=01.asp&id=71>. Acesso em: 18/03/2016.
- [2] AFONSO, B. S.; PEREIRA, R. B.; PEREIRA, M. F.; **Utilização da Internet das Coisas para o desenvolvimento de miniestação de baixo custo para monitoramento de condições do tempo em áreas agrícolas.** Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) – Regional de Mato Grosso, [S.L.], v. 6, p. 183-189, nov. 2015. ISSN 2447-5386. Disponível em: <http://anaiserimt.ic.ufmt.br/index.php/erimt/article/view/50>. Acesso em: 18 Mar. 2016.
- [3] OSORIO, A. S.; **Automação Residencial.** AURESIDE. Artigo disponível em: [http://www.aureside.org.br/temastec/automacao\\_residencial\\_final.pdf](http://www.aureside.org.br/temastec/automacao_residencial_final.pdf). Acesso em: 17/03/2016.
- [4] BOLZANI, C.; **Desmistificando a Domótica.** AURESIDE. 2007. Artigo disponível em: <http://www.aureside.org.br/artigos/default.asp?file=01.asp&id=74>. Acesso em: 10/03/2016.
- [5] **What is Arduino?** Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acessado em: 24/04/2015.
- [6] **Introduction to OSC.** Disponível em: <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>. Acessado em: 23/04/2015.
- [7] **TouchOSC.** Disponível em: <http://hexler.net/software/touchosc>. Acessado em: 24/04/2015.
- [8] **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?** Disponível em: <http://www.infowester.com/wifi.php>. Acessado em: 23/04/2015.