

Automação Residencial Sem Fio de Baixo Custo

Douglas de M. S. dos Santos Douglas R. Melo Raimundo C. G. Teive

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI
Campus Kobrasol – São José – SC – Brasil

contato@douglasdemenezes.com.br, {drm, rteive}@univali.br

Abstract. *Home automation systems are increasingly expanding, attracting new users and integrating more homes at a rapid pace. The proposed solution aims to reduce the cost of home automation solutions without removing features and making the installation process easier, allowing a user to perform common system installation in his residence. A prototype was developed and submitted to tests in which it was verified that the system met the functional and non-functional requirements of the system.*

Resumo. *Sistemas de automação residencial estão cada vez mais se expandindo, conquistando novos usuários e integrando mais residências em um ritmo acelerado. A solução proposta tem como objetivo reduzir o custo para soluções de automação residencial e facilitar o processo de instalação, permitindo que um usuário comum efetue a instalação do sistema em sua residência. Foi criado um protótipo o qual foi submetido testes onde foi verificado que o sistema atendeu aos requisitos funcionais e não funcionais do sistema da forma como era esperado.*

1. Introdução

A crescente busca por conforto tem cada vez mais atraído os usuários, aquecendo o mercado de automação residencial ou domótica. A domótica é uma palavra que deriva do francês "*Domotique*" que pode ser identificada como uma junção das palavras "casa" ("*Domus*") com "automática" ("*Imotique*") [Roque 2012]. O objetivo da automação residencial ou domótica, é fornecer aos usuários meios mais elaborados para controlar a sua residência, como por exemplo, desligar uma lâmpada via internet ou configurar a persiana de um quarto para abrir às 07h00min.

Uma breve busca de preços na internet mostra custos para instalação e compra de equipamentos para automação residencial na faixa de R\$2.000,00 a R\$4.000,00 (cotados em 09/10/2012), incluindo apenas o controle básico de iluminação (liga/desliga, aumenta/diminui brilho) e som (liga/desliga, aumenta/diminui volume). Embora o acionamento do(s) dispositivo(s) possa ser feito pela internet, a estrutura física é feita utilizando-se fios. Sendo assim, o custo para automatizar um ambiente o qual não estava previamente preparado, aumenta significativamente devido a necessidade de cabeamento extra no ambiente.

O alto custo para sistemas de automação residencial no mercado nacional é um dos fatores que contribuem para o fato do mesmo não ser tão difundido. O custo pode se tornar ainda maior no caso de um sistema de automação residencial, cuja transmissão de dados seja feita de forma cabeada, sendo necessária a instalação de uma estrutura de

cabos para o sistema, implicando em uma reforma na residência caso o projeto da mesma não tenha essa previsão. Portanto, os sistemas que mais têm-se difundido são os sistemas de automação residencial sem fio.

No Quadro 1, mostrado abaixo, é possível se avaliar esta proposta frente alguns trabalhos que apresentaram maior aderência com este sistema de automação residencial.

Característica	Trabalho 1	Trabalho 2	Trabalho 3	Este trabalho
Comunicação	Serial / TCP IP	Serial / RF	TCP IP	Serial / TCP IP / RF / IR
Hardware	PIC	PIC	Arduino	Arduino
Software	C# .NET	Visual Basic	HTML / Java	PHP / JavaScript
Custo aproximado	R\$600,00	Não informado	R\$200,00	R\$300,00
Vantagens	Permite o controle de dispositivos via Internet; é de fácil instalação.	A comunicação entre os dispositivos é feita de forma não cabeada.	Permite o controle de dispositivos via Internet; o servidor web é embarcado no próprio dispositivo; é de fácil instalação; possui um baixo custo.	Permite o controle de dispositivos via Internet; possui um baixo custo; a comunicação entre os dispositivos é feita de forma não cabeada; permite o controle local via controle remoto infravermelho; é de fácil instalação.
Desvantagens	O custo é um pouco elevado perto de outras soluções acadêmicas na mesma área; não possui comunicação sem fio.	Não permite o controle de dispositivos via internet, o que limita o escopo de utilização.	O número de dispositivos que podem ser adicionados é bem limitado (8 dispositivos); a comunicação é feita de forma cabeada.	Necessita de um servidor separado para armazenar o banco de dados e as páginas web
Referência	[Quinderé 2009]	[De Almeida 2009]	[Zandoná 2012]	

Quadro 1. Análise comparativa do estado da arte

2. Sistema Proposto

Observando as limitações e problemas encontrados nas soluções de automação residencial nacionais, foi criado um sistema de automação sem fio de baixo custo disposto na Figura 1.

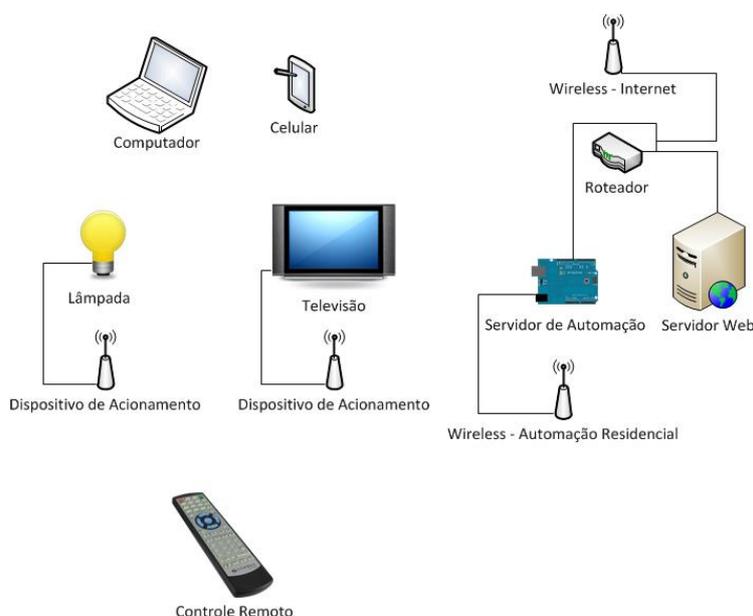


Figura 1. Estrutura do sistema de automação residencial proposto

O sistema é dividido em quatro partes:

- **Dispositivo de acionamento:** Este dispositivo está conectado ao equipamento o qual deseja-se controlar, (ex. uma tomada).
- **Servidor de automação:** Este dispositivo controla todos os dispositivos de acionamento, sendo que todos os comandos são processados por ele.
- **Servidor web:** Através deste servidor o usuário pode configurar os ambientes da automação, quais dispositivos fazem parte de um determinado ambiente e efetuar os acionamentos. Também é nele onde toda a interface web está configurada.
- **Controle remoto:** Um controle remoto para controlar os dispositivos de acionamento sem a necessidade de um celular/tablet/computador.

Com este sistema, o usuário tem acesso a uma interface que permite a personalização da automação para a sua residência, podendo definir regras de acionamento, efetuar acionamentos, adicionar ou remover dispositivos, entre outros. Além da possibilidade de controle pela rede, foi testada a possibilidade de controle dos dispositivos de acionamento utilizando um controle remoto. Desta forma, caso o usuário necessite apagar uma luz, ele não precisa utilizar um dispositivo conectado à rede, acessar o servidor e enviar o comando de desligamento. Neste caso, basta apertar o botão desligar no controle remoto. A proposta é que um usuário comum possa automatizar sua casa tendo apenas um conhecimento básico em informática, eliminando a necessidade do integrador e tornando as modificações necessárias mais ágeis e baratas.

O sistema proposto consiste em uma junção de tecnologias de baixo custo, combinadas para criar um sistema de automação residencial de baixo custo sem déficit de funcionalidades. Além do baixo custo do sistema, pode-se dizer que, caso utilizado corretamente, o sistema pode também reduzir o consumo de energia elétrica em uma

residência, uma vez que o sistema possui controle via internet, caso o usuário tenha esquecido algum dispositivo ligado ao sair de casa, poderá desativá-lo remotamente.

3. Desenvolvimento

Dado que o projeto deverá rodar em pelo menos três dispositivos diferentes (computador, *tablet* e celular) é necessária a criação de um design diferente para cada um dos dispositivos, bem como um código que não demande muitos recursos do processador ou muita banda de rede, visto que o usuário pode estar em uma rede de acesso móvel de baixa velocidade. A criação de designs adaptativos é altamente complexa, visto que a mesma página deve ser apresentada de formas diferentes em dispositivos distintos, porém, criar uma página para cada dispositivo acarretaria em código desnecessário, limitação na escalabilidade, bem como, quanto mais dispositivos forem ser utilizados, mais código será necessário.

Com isso em vista, foi utilizado o Twitter Bootstrap, que até um certo nível, pode-se definir como um framework. O Twitter Bootstrap é um conjunto de estilos CSS e funções em JavaScript que podem facilmente serem utilizados para reaproveitar o mesmo design em diferentes dispositivos. Ele lida com questões do design adaptativos como por exemplo: um Apple iPad 4, possui uma resolução maior que 1366x768, a mais comum em notebooks, porém, mesmo tendo uma resolução maior, deve-se apresentar um conteúdo destinado a *tablets* e não para computadores. Em conjunto com o Twitter Bootstrap, foi utilizado o framework jQuery, buscando agilizar o carregamento de páginas, e fazê-lo de forma dinâmica, visando economizar recursos.

Para a parte de hardware, é utilizada a plataforma Arduino (2013), onde para o servidor de automação será utilizado um Arduino Mega 2560, dado que o mesmo possui uma quantidade maior de portas de entrada e saída, bem como uma memória RAM e memória Flash maior, quando comparado ao Arduino UNO. O Arduino UNO será utilizado para as interfaces de acionamento, tanto para acionamentos simples, quanto para o controle do televisor.

A tecnologia utilizada para a comunicação sem fio entre os Arduinos é a radiofrequência (RF), onde é utilizado o transceiver de radiofrequência NRF24L01+. Para tratar da comunicação entre os diferentes Arduinos, foi utilizada a biblioteca NRF24L01, projetada especificamente para o transceiver anteriormente citado, a qual faz todo o tratamento do protocolo de RF e endereçamento, permitindo ao usuário enviar e receber dados via RF com poucas linhas de código.

A comunicação com o televisor foi realizada via infravermelho, sendo utilizado um LED IR para emitir os comandos IR para o televisor, e um receptor de infravermelho VS1838B, para receber os comandos de um controle remoto. Para tratar do protocolo infravermelho foi utilizada a biblioteca IRremote, projetada para codificação e decodificação de comandos IR. Dado que em geral cada empresa possui um protocolo de IR diferente, a biblioteca IRremote possui suporte a uma grande parte delas.

Para o servidor web, o qual deverá ser instalado em um computador, foi utilizado o software VertrigoServ, que nada mais é do que um pacote de softwares que inclui o Apache, MySQL, interpretador PHP entre outros, necessários para o funcionamento correto da solução. O mesmo foi escolhido pela facilidade de instalação,

sendo que em poucos passos já é possível ter o servidor rodando na máquina sem conhecimentos avançados de informática.

Por fim, para a implementação dos códigos, tratando-se da parte de hardware que envolve o Arduino, foi utilizada a IDE fornecida pela própria empresa Arduino. Já para a implementação dos diversos códigos, não foi utilizado nenhuma IDE específica, apenas o Notepad++, uma versão melhorada do bloco de notas que possui suporte a realce de sintaxe para diversas linguagens.

3.1. Interface Web

Ao projetar o design do sistema, foi necessário levar em consideração que a mesma página seria apresentada em diferentes dispositivos, de diferentes tamanhos. Logo, a interface foi criada visando a adaptação para os diferentes dispositivos e a quantidade de informações a serem carregadas em cada página. A página principal do sistema sendo exibida em um iPhone 4S pode ser visualizada na Figura 2.



Figura 2. Página principal do sistema exibida em um iPhone 4S

As páginas de configuração de ambientes, dispositivos e regras foram projetadas seguindo a mesma base: é apresentada uma tabela com as entradas registradas no banco de dados e um botão para que seja adicionada uma nova, bem como editar ou excluir uma entrada.

É através da interface web que o usuário efetua as configurações do sistema e interage com os dispositivos cadastrados, bem como acompanhar o status de um determinado dispositivo. Todas as funções do sistema podem ser utilizadas em qualquer dispositivo dotado de conexão com a internet e um navegador web. Na Figura 3 é exibida a tela de controle da interface de acionamento simples sendo exibida em um computador e, na Figura 4 a tela de controle para a interface de acionamento infravermelho sendo exibida em um iPad 4.

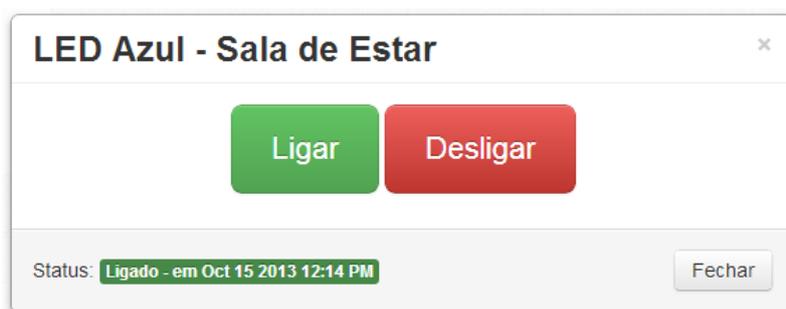


Figura 3. Tela de controle da interface de acionamento simples

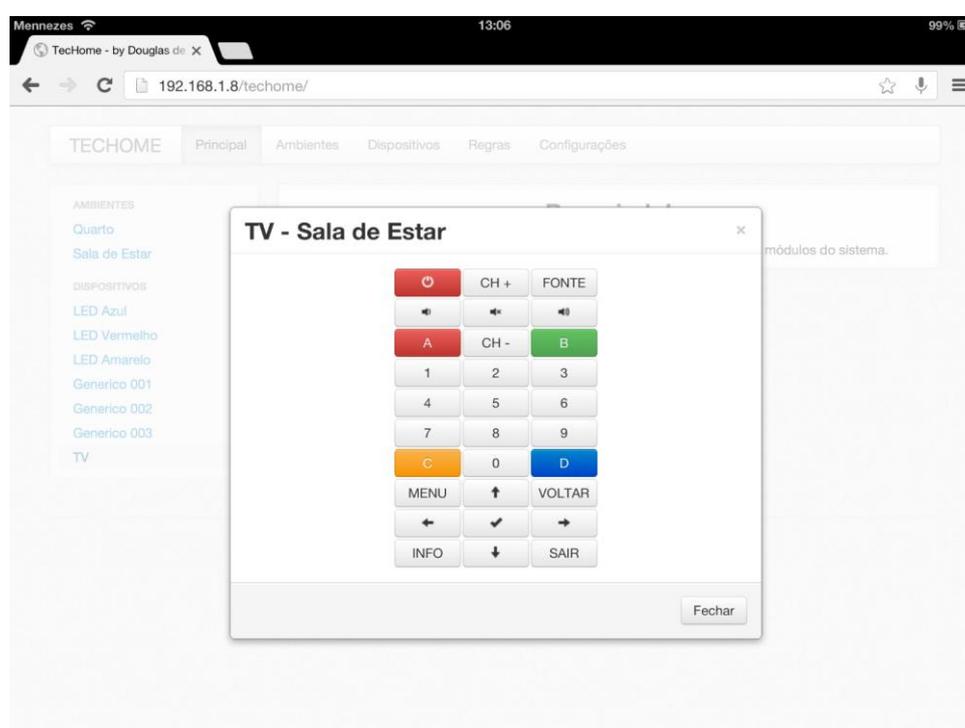


Figura 4. Tela de controle da interface de acionamento infravermelho sendo exibida em um iPad 4

3.2. Hardware

Para o servidor de automação foi utilizado um Arduino Mega 2560. O servidor de automação tem como função receber as requisições enviadas através do servidor web, processá-las e encaminhar para o dispositivo de destino. Foram acoplados ao Arduino: um shield Ethernet e um transceiver de radiofrequência NRF24L01+. Uma foto do servidor montado pode ser visualizada na Figura 5.

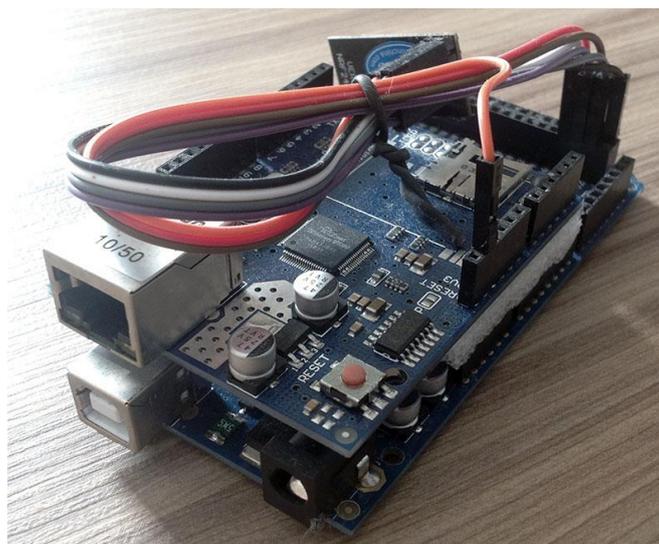


Figura 5. Servidor de Automação

Na interface de acionamento simples, para efetuar os testes e a validação do sistema, o relê foi substituído por um LED. Foi acoplada a interface de acionamento simples um receptor de infravermelho, responsável por receber comandos do controle remoto do sistema. A interface de acionamento simples pode ser visualizada na Figura 6.

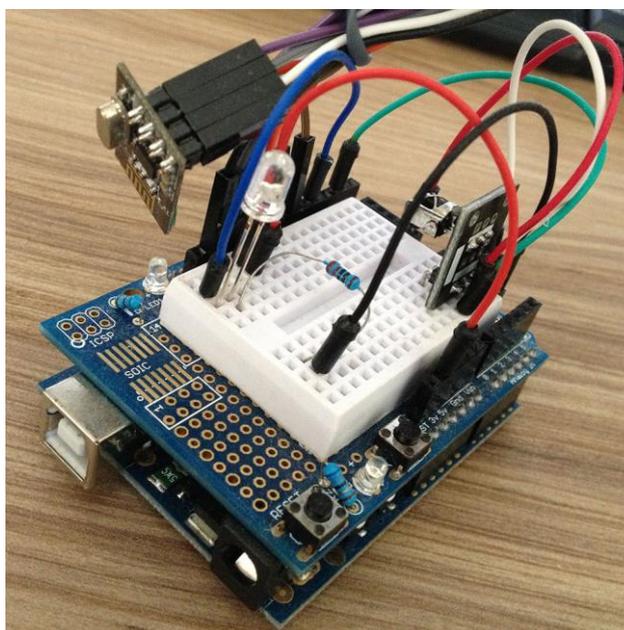


Figura 6. Interface de acionamento simples

A interface de acionamento infravermelho possui apenas um LED emissor de IR, responsável por enviar os comandos para o televisor. A única forma de controle com a interface de acionamento infravermelho é pela interface web.

4. Design do experimento

Para este experimento, o servidor web utilizado para armazenar o banco de dados, sendo responsável por apresentar e manipular as páginas web é executado em um notebook da marca Samsung, modelo NP55P5C-AD1BR. Lembrando que este servidor é utilizado também para efetuar os testes de acionamento dos dispositivos. Para os testes de compatibilidade da apresentação das páginas web em outros dispositivos, os testes foram feitos em um Apple iPad 4 de 32Gb, um Samsung Galaxy S3 Mini e um Apple iPhone 4S de 16Gb.

O testes de navegação foram feitos em todos os dispositivos através do navegador de internet Google Chrome, o qual está disponível para as três plataformas (Windows, Android e iOS).

Para os testes e validação dos dispositivos, foi configurada uma amostra de 2 dispositivos de acionamento simples e 1 dispositivo infravermelho. No caso dos dispositivos de acionamento simples, foram acionados 2 relés, os quais poderão estar conectados à cargas

Para o dispositivo de infravermelho, foi utilizada uma televisão da marca Samsung, modelo UE40EH6030, a qual possui comunicação infravermelho. Lembrando que os comandos infravermelho variam para cada modelo de televisor, este experimento contemplou apenas este modelo de televisor. Na Figura 7 são exibidos todos os dispositivos utilizados na fase de testes.

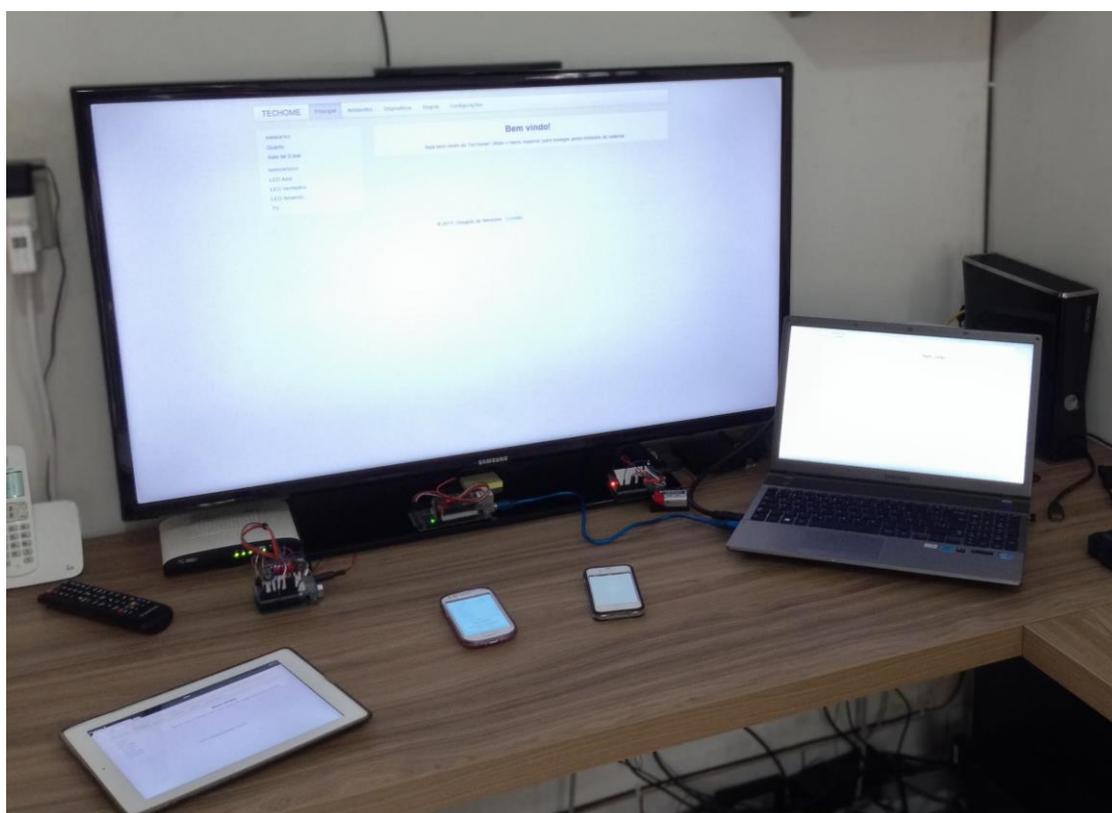


Figura 7. Dispositivos utilizados nos testes do sistema

5. Resultados

Simulando um ambiente de uso real, o sistema se comportou de forma satisfatória, permitindo ao usuário controlar os dispositivos do sistema da forma projetada. Foi verificado também, que além dos dispositivos de teste especificados (Notebook, Apple iPad 4, Apple iPhone 4S e Samsung Galaxy S3 Mini), foi possível interagir com o sistema em outros dispositivos através do navegador web, embora nestes casos tenham apresentado alguns problemas de exibição em função dos navegadores. Alguns dos dispositivos testados foram o Nintendo Wii e o Microsoft XBOX360.

As interfaces de acionamento simples e infravermelho, ao serem alimentadas por uma bateria de 9V, permaneceram ligadas por 2 e 4 dias, respectivamente (. Dentre os testes efetuados, alguns deles foram:

- **Teste de múltiplos acionamentos da interface de acionamento simples via web**

Descrição: Enviar comandos de desligar/ligar simultaneamente em diversos dispositivos e verificar como o sistema se comporta.

Resultados: Nos testes efetuados, o sistema processou todos os comandos enviados, sendo que ao enviar 3 comandos de desligar e 1 comando de ligar, foi possível observar que a IAI ligou rapidamente e em seguida foi desligada, o que ocorre devido ao fato de um dos comandos de desligar tenha sido executado por último.

Problemas observados: Essa situação apresenta resultados inesperados, sendo que no cenário de 3 comandos de desligar e 1 comando de ligar, em algumas ocasiões, a IAI permanecia ligada por último.

- **Teste de múltiplos acionamentos da interface de acionamento infravermelho via web**

Descrição: Enviar comandos para o televisor simultaneamente em diversos dispositivos e verificar como o sistema se comporta.

Resultados: Ao tentar enviar vários comandos simultaneamente ao televisor, alguns deles não são processados. Ao tentar inserir o canal 25 por exemplo, em alguns momentos o 2 não era processado, ou o 5 não era processado.

Problemas observados: É possível dizer que o sistema não suporta essa situação de uso, o que ocorre devido a limitação do próprio televisor, que ao receber múltiplos comandos IR, executa apenas um, ou parte deles e ignora os demais comandos.

- **Teste de múltiplas regras para o mesmo dispositivo para a mesma hora**

Descrição: Definir diversas regras para o mesmo dispositivo a serem executadas no mesmo horário.

Resultados: Todas as regras são processadas sendo em sua maior parte executadas na ordem em que foram inseridas no sistema, caso uma regra de desligar seja inserida por último, ela permanece ligada em aproximadamente 19 de cada 20 vezes.

Problemas observados: Embora o sistema tenha apresentado em sua maior parte um comportamento fixo, em raras ocasiões o sistema apresentou um resultado diferente do observado anteriormente.

6. Conclusões

O sistema desenvolvido envolveu a utilização de diversas tecnologias, buscando criar um sistema de automação residencial de baixo custo que não apresentasse um déficit de funcionalidades em relação aos sistemas mais caros disponíveis no mercado. Analisando as soluções acadêmicas e comerciais, é possível dizer que o sistema implementado está alinhado às necessidades do usuário.

Foram utilizados diversos protocolos de comunicação, sendo eles: Serial, Radiofrequência e Infravermelho. Foi criado um padrão de mensagens para facilitar a comunicação entre os dispositivos do sistema, sendo que, para a comunicação com o televisor, foi necessário obter as mensagens utilizadas pela fabricante (no caso Samsung) e replicá-las na interface de acionamento infravermelho. É importante ressaltar que a interface de acionamento infravermelho foi configurada para funcionar apenas no televisor Samsung UE40EH6030 e que para fazê-la funcionar em um televisor diferente, é necessário alterar os códigos da interface de acionamento simples.

Além dos dispositivos testados, verificou-se também que o sistema foi apresentado de forma satisfatória em diversos outros dispositivos, o que inclui smartphones de baixo custo, como Samsung Galaxy 5, e consoles de videogame, como o Nintendo Wii, Microsoft XBOX360, Sony Playstation 3 e Sony Playstation Vita. Em testes superficiais, verificou-se que o sistema funcionou corretamente no smartphone Apple iPhone 5 e Samsung Galaxy S4. É importante ressaltar que, embora o sistema tenha funcionado nos dispositivos anteriormente citados, foram executados apenas testes superficiais, tendo em vista verificar a variedade de dispositivos suportados pelo sistema. Para garantir que o sistema funciona completamente nestes dispositivos seriam necessários testes mais específicos.

Referências

Arduino. **Arduino – HomePage**. Disponível em <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 27 mai. 2013a.

De Almeida, Alexandre V.; 2009. **Implementação de um Sistema de Automação Residencial Modular Sem Fio: Módulo Periférico**. Disponível em <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-23042010-155834/publico/Almeida_Alexandre_Vaz_de_2.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2013.

Quinderé, Patrick R. F., 2009. **Casa Inteligente – Um Protótipo de Sistema de Automação Residencial de Baixo Custo**. Disponível em <<http://www.ffb.edu.br/sites/default/files/tcc-20082-patrick-romero-frota-quindere.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

Roque, António. **Introdução a domótica**. Disponível em: <<http://www.antonioroque.com/textos.asp?idCat=11&idArtigo=12>>. Acesso em: 30 out. 2012.

Zandoná, Pablo T.; 2012. **Interface Homem-Máquina para Domótica Baseada em Tecnologias Web em um Servidor Embarcado**. Disponível em <<http://www.aedb.br/seget/artigos12/41016425.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2013.