UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS

COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU

TIAGO MELILLO DE MATOS

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Ouro Preto, 2017

TIAGO MELILLO DE MATOS

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

Dezembro/2017

681.5 Matos, Tiago Melillo.
Automação residencial de baixo custo utilizando Arduíno [manuscrito] / Tiago Melillo Matos. - 2017.

37f.:

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

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

1. Domótica. 2. Automação residencial. 3. Edifícios inteligentes. 4. Arduino. I. Monteiro, Paulo Marcos de Barros. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Titulo.

CDU: M4336a

Catalogação: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 05 de dezembro de 2017, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro - Orientador

Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis – Professor Convidado

Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado

Resumo

Apresenta-se neste trabalho um estudo a respeito da automação residencial de baixo custo, utilizando Arduino como central de automação, cujo objetivo principal é trazer segurança, conforto e economia a seus usuários. Inicialmente são apresentadas e estudadas, de forma comparativa, as tecnologias sem fio existentes. Em seguida, são apresentados os principais *shields* e sensores que podem ser utilizados com o Arduino. Após a contextualização dessas tecnologias, há um estudo voltado a utilização racional de energia e auxílio a pessoas com necessidades especiais.

Palavras-Chave: Domótica; automação residencial; edifícios inteligentes; Arduino.

ABSTRACT

This work presents a study about low cost residential automation using Arduino as automation central, whose main objective is to bring safety, comfort and economy to its users. Initially they are presented and studied, in a comparative way, the existing wireless technologies. Then, the main shields and sensors that can be used with Arduino are presented. After a contextualization of these technologies, a study is conducted aimed at the rational use of energy and assistance to people with special needs.

Keywords: Domotics; home automation; smart buildings; Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Configuração de Redes Bluetooth 14
Figura 2 – Arduino 17
Figura 3 – Arduino Ethernet Shield 19
Figura 4 - Arduino WiFi Shield.....20
Figura 5 - Arduino XBee Shield.....21
Figura 6 - Arduino Bluetooth Shield 22
Figura 7 – Ilustração das formas de energia em um sensor 223
Figura 8 - LDR 244
Figura 9 - SensoresPTC e NTC 255
Figura 10 - LM35 266
Figura 11 - Ilustração sensor magnético de abertura.....277
Figura 12 - Ilustração do funcionamento do sensor magnético de abertura.....27
Figura 13 - Sensor infravermelho passivo 288
Figura 14 - Sensor de gás e fumaça MQ2 29
Figura 15 - Residência automatizada.....29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pilha do protocolo TCP/IP 100
Tabela 2 - Comparativo entre tecnologias wireless.....177

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
1.1 Objetivo 9
2 DOMÓTICA 9
2.1 PROTOCOLO TCP/IP 10
2.2 REDES WIRELESS 11
2.2.1 IEEE 802.11 12
2.2.2 IEEE 802.11b 12
2.2.3 IEEE 802.11n 12
2.2.4 IEEE 802.11ac 13
2.3 Bluetooth 13
2.4 ZigBee 15
2.5 Estudo Comparativo das Tecnologias Wireless 16
2.6 ARDUINO 17
2.6.1 Shields Arduino: 18
2.6.2 Arduino Ethernet Shield 19
2.6.3 Arduino WiFi Shield 20
2.6.4 Arduino Xbee Shield 21
2.6.5 Arduino Bluetooth Shield 22
2.7 Sensores 23
2.7.1 Sensores Fotoelétricos 23
2.7.2 Sensores de Temperatura 25
2.7.3 Sensores Magnéticos de Abertura 26
2.7.4 Sensor Infravermelho Passivo 28
2.7.5 Sensor de Gás Inflamável e Fumaça MQ2 28
3 Exemplo de Projeto 30
3.1 Sensor de Iluminação 30
3.2 Controle de Portas e Janelas 30
3.3 Controle de Temperatura 31

3.4 Sensores de presença 31

3.5 Controle de Incêndio 31

3.6 Automação Residencial Utilizada no Auxílio a Pessoas com Necessidades Especiais: 31

3.7 A Utilização Racional de Energia 33

4 Conclusões e sugestões de trabalhos futuros 34

4.1 Conclusões.....34

4.2 SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO 34

REFERÊNCIAS 35

1 INTRODUÇÃO

A automação residencial, ou domótica, é um termo comumente utilizado para definir uma residência que integra tecnologia e serviços com o objetivo de aprimorar a eficiência energética e a qualidade de vida de seus habitantes. A palavra domótica originou-se da junção da palavra em latim "*domus"* - que significa casa, com a palavra "robótica" - que vem do checo "*robota":* controle automatizado de algo. É uma área que está em crescente evolução nas últimas décadas, auxiliada pelo avanço da tecnologia e pela aproximação da mesma com atividades ligadas ao cotidiano.

A automação residencial, que inicialmente se restringia ao controle de dispositivos isolados, como controle de ventilação, refrigeração, exaustão e aquecimento ambiental, com ajustes predefinidos e sem a integração com os demais elementos das instalações residenciais, evoluiu para sistemas integrados que ficam centralizados em um sistema inteligente e programável, por meio do qual é possível o controle de diversas tarefas de modo automático (BOLZANI, 2004).

Com a popularização da internet de banda larga, esta tecnologia passou a ser utilizada também nos sistemas de domótica, possibilitando o monitoramento da residência presencialmente e também à distância, por meio de uma *web page* ou aplicativo no smartphone. Outros meios, como o Bluetooth, padrão de comunicação desenvolvido para integração entre celulares e periféricos, também começaram a ser utilizados para controlar dispositivos a pequena distância (EUZÉBIO; MELLO, 2013).

Os métodos de comunicação estudados na presente pesquisa serão Wi-Fi, ZigBee e Bluetooth, sendo fundamental entender o funcionamento de cada um para se avaliar qual atenderá melhor as necessidades da residência.

Assim, a proposta deste trabalho é demonstrar, por meio de pesquisas bibliográficas, os benefícios da domótica e abordar as principais tecnologias disponíveis no mercado.

1.1 Objetivo

Propõe-se neste trabalho como objetivo principal introduzir os conceitos de automação residencial, de modo a aumentar a eficiência energética e proporcionar um maior conforto e segurança para seus usuários. Serão abordadas as principais tecnologias de rede de comunicação disponíveis, assim como os *shields* que podem ser integrados ao Arduino para realizar a comunicação entre a central e os periféricos, de modo a auxiliar na escolha da tecnologia mais adequada às características arquitetônicas do ambiente a ser automatizado. É realizado um estudo dos principais sensores e aplicações com o objetivo de dar ideias a um futuro projeto.

2 DOMÓTICA

A domótica é uma ciência moderna que estuda a automação de funções domésticas. Essa automação tem o objetivo de simplificar a vida dos habitantes, trazendo conforto, segurança e gestão energética. E tudo isso de forma integrada, sendo possível, por exemplo, controlar toda a casa por meio de um celular.

Uma instalação domótica necessita de uma infraestrutura com rede de comunicação (com fios ou sem fios), controlador do sistema, sensores, atuadores e elementos externos que irá automatizar, os quais possibilitam o monitoramento e o gerenciamento do sistema de automação residencial (ELOY; PLÁCIDO; NUNES, 2010).

A chegada de plataformas como Arduino e RaspberryPi facilitaram ainda mais a montagem desses sistemas, pois possuem uma linguagem de programação de alto nível e módulos que facilitam a interação com os sensores, atuadores e controladores do projeto, sendo possível encontrar várias páginas na internet que fornecem tutoriais para quem tem interesse em começar a fazer montagens na área.

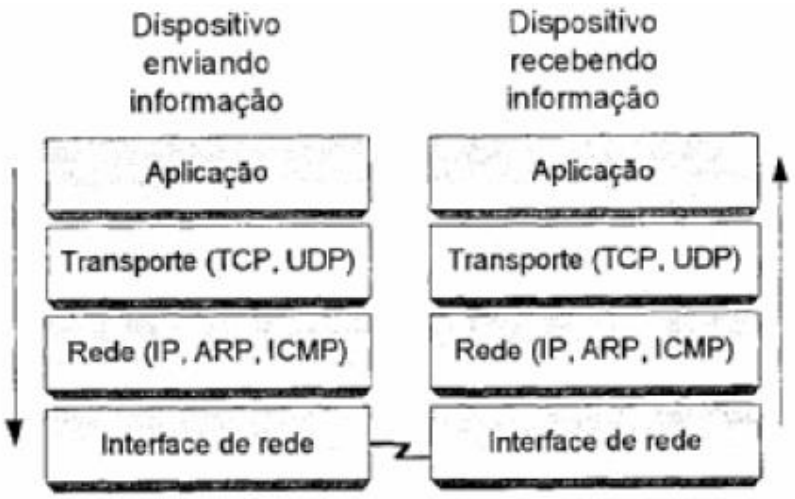
2.1 PROTOCOLO TCP/IP

Segundo Bolzani (2004), protocolo é um conjunto formal de convenções que regulam o formato e o sincronismo da troca de mensagens entre dois sistemas de comunicações. De uma maneira mais simples, protocolos são um conjunto de normas que as máquinas integrantes de uma rede devem seguir para possibilitar a comunicação entre si. Existem milhares de protocolos de comunicação que são utilizados nos sistemas de comunicação analógica e digital. As redes de computador não poderiam existir sem eles.

O TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol)* é a linguagem básica de comunicação da internet. O TCP/IP é um programa de duas camadas. A camada TCP, se encarrega de gerenciar a montagem de uma mensagem ou arquivo em pacotes menores que são transmitidos pela internet e recebidos por uma camada TCP que junta os pacotes na mensagem original, enquanto o IP é responsável pelo endereço de cada pacote para que eles cheguem ao destino correto (BOLZANI, 2004).

Segundo Bolzani (2004), uma rede TCP/IP utiliza apenas quatro camadas OSI, como ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Pilha do protocolo TCP/IP



Fonte: BOLZANI, 2004

Interface de rede: Essa camada recebe os pacotes enviados pela camada de internet e envia através da rede. Permite o transporte de dados pelos diversos tipos de redes (x.25, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), FDDI *(Fiber Distributed Data Interface*), *Ethernet, Token, Ring, Frame Relay*, etc.), das quais a mais usada hoje em dia é a Ethernet (BOLZANI, 2011).

Rede: "Neste nível, todos os dados são tratados como pacotes. É responsável pelo envio e roteamento dos pacotes entre os *liosts*, ou seja, tem por função encontrar o caminho entre os computadores, função esta, exercida pelo protocolo IP" (BOLZANI, 2011).

Camada de Transporte: Responsável por pegar os dados da camada de aplicação que serão transmitidos e dividi-los em pacotes menores. O TCP é o protocolo mais utilizado nessa camada. Outra função importante é o controle de fluxo, evitando-se congestionamento (SILVEIRA, 2016).

Camada de Aplicação: Esta camada estabelece a comunicação entre os programas e os protocolos de transporte no TCP-IP. A camada de aplicação utiliza vários protocolos, e os mais conhecidos são: HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), FTP (*File Transfer Protocol*), SNTP (*Simple Network Protocol*), DNS (*Domain Name System*) e Telnet (SILVEIRA, 2016).

2.2 REDES WIRELESS

A utilização de redes sem fio vem crescendo ano após ano. Segundo Bocchini (2016), 58% da população brasileira usa a internet, e a maioria das pessoas permanece grande parte de seus dias conectadas, sendo para acessar redes sociais, e-mail, trabalho, estudos, entre outros. E isso só foi possível com o avanço das redes sem fio.

Na automação residencial os sistemas de rede sem fio beneficiam os projetos em residências que não estão preparadas para a automação, minimizando os custos necessários para que o projeto seja implementado, pois eliminam a necessidade de tubulações extras nas paredes para passar os cabos de rede.

2.2.1 IEEE 802.11

Em 1997, o Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) criou o primeiro padrão wireless LAN (*Local Area Network),* o qual chamaram de IEEE 802.11. Infelizmente, o 802.11 suporta apenas uma largura de banda de rede máxima de 2 Mbps – muito lenta para maioria das aplicações. Com isso, o IEEE investiu no melhoramento do padrão, que passou a ser chamado de 802.11b (BOLZANI, 2004).

2.2.2 IEEE 802.11b

Em julho de 1999, o IEEE criou o padrão 802.11b, que provém taxas de até 11 Mbps, operando a 2.4 Ghz, comparável à das redes Ethernet. O IEEE 802.11b foi o primeiro a ser utilizado em larga escala, sendo, portanto, um dos responsáveis pela popularização de redes Wi-Fi.

O IEEE 802.11b também é conhecido como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). Segundo Miller (2001), as principais vantagens do padrão IEEE são:

- Alta taxa de transmissão;
- Conexões confiáveis;
- Facilidade de integração com redes Ethernet;
- Longo alcance (até 100 metros, sem obstáculos)

2.2.3 IEEE 802.11n

O padrão 802.11n foi lançado em 2009 e é uma atualização que melhora os padrões 802.11 anteriores, adicionando antenas Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas ("MIMO - *Multiple Input Multiple Output*"). O padrão opera nas bandas 2,4 GHz e 5 GHz, operando em uma taxa de transferência de dados de 54 Mbps até 600 Mbps, com a possibilidade de trabalhar com até 4 antenas simultaneamente e um alcance de 70m (NARULA, 2015). Foi criado com o propósito de fornecer um desempenho muito melhor que seus antecessores e ser capaz de acompanhar a velocidade crescentes de tecnologias como a Ethernet. Atualmente é um dos padrões mais usados no Brasil (KURTZ, 2016).

2.2.4 IEEE 802.11ac

Lançado em 2013, o 802.11ac se baseia no 802.11n. As mudanças em relação ao 802.11n incluem canais mais amplos (80 ou 160 MHz versus 40 MHz) na faixa de 5 GHz, o que causa menos interferência, pois diversos dispositivos, como micro-ondas, telefones sem fio, entre outros, emitem sinais a 2,4 GHz; adição de multiusuário múltiplas entradas múltiplas saídas (MU-MIMO) e a possibilidade de trabalhar com até 8 antenas simultaneamente. Os dispositivos ac podem chegar a uma velocidade de 1.300 Mbps, bem superior ao 802.11n e um alcance de 35 m (MCGRANDLES, 2016).

2.3 Bluetooth

O Bluetooth é uma tecnologia que vem sendo muito utilizada atualmente, devido ao seu uso em celulares, palms, laptops, fones de ouvido, computadores, entre outros dispositivos.

Os dispositivos Bluetooth tem a capacidade de localizar dispositivos próximos, aos quais ele cria conexões independentes, sem a necessidade de configuração desta rede pelo usuário. Esta conexão se dá da forma mestre-escravo (*master-slave*), na qual o dispositivo que faz a conexão é chamado de mestre, e os demais são denominados escravos.

Os dispositivos Bluetooth possuem uma limitação de 8 dispositivos conectados. É possível estabelecer duas formações de rede: a piconet, onde um dispositivo é o mestre, e os outros sete escravos; e a scatternet, que representa a união de várias piconets independentes e não sincronizadas, que podem se sobrepor ou existir em uma mesma área.

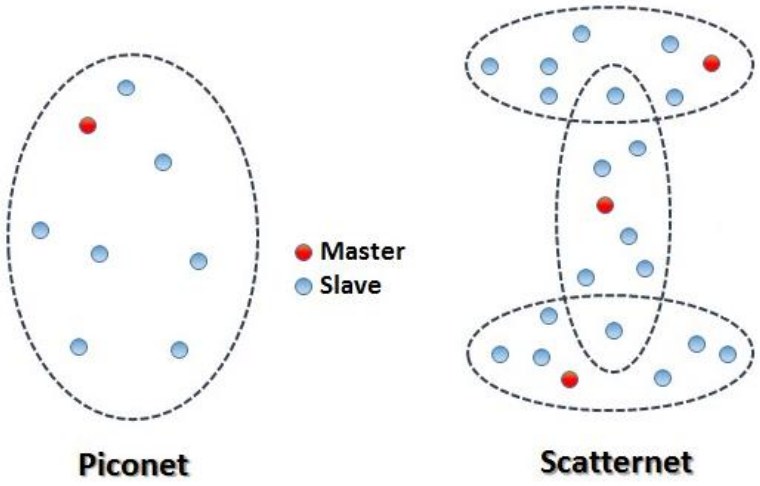


Figura 1 - Configuração de Redes Bluetooth

Fonte: ALECRIM, 2008.

O Bluetooth utiliza a banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) de 2,4 GHz, e uma taxa de comunicação de aproximadamente 54 Mbps na versão 5.0, sendo que o alcance do sinal fica entre 1m e 50m.

A técnica de saltos de frequência dificulta a entrada de intrusos, mas não a impede. Assim, o Bluetooth foi criado com três níveis de segurança à tecnologia (MILLER, 2001)

- **Modo de segurança 1: Sem segurança (*Non-Secure*)** – a transmissão de dados é feita sem nenhum tipo de segurança. Normalmente é utilizada em transmissão de dados irrelevantes.
- **Modo de segurança 2: Segurança estabelecida no nível de serviço (*Service-Level Enforced Security*)** – o dispositivo Bluetooth inicia os procedimentos de segurança depois de estabelecida a conexão.
- **Modo de segurança 3: Segurança estabelecida no nível de link (*Link-Level Enforced Security*)** – esse modo é o mais seguro. Os procedimentos de segurança são iniciados antes do estabelecimento da conexão. Os procedimentos de segurança incluem as chaves de códigos, a autenticação dos dispositivos e a criptografia dos dados transmitidos.

2.4 ZigBee

Zigbee é uma tecnologia sem fio baseada no padrão IEEE 802.15.4, que utiliza dispositivos de rádio de baixa potência, baixo custo de implementação e baixa taxa de dados.

Uma rede de Zigbee pode conter até 255 dispositivos interligados, e tem suporte para as topologias de rede mestre-escravo, ad hoc e ponto-a-ponto. Cada mestre tem a possibilidade de se conectar com outros coordenadores, criando redes maiores (MONTEBELLER, 2006).

Segundo Montebeller (2006), “Os equipamentos Zigbee utilizam as faixas de frequência não licenciadas (faixa ISM), possuem taxas de transmissão de até 250 kbps e alcance de até 80 m”.

Para Pinheiro (2004), o padrão Zigbee (IEE 802.15.4) foi projetado objetivando apresentar as seguintes características:

- Consumo de potência baixo e implementação simples, com interfaces de baixo custo;
- Dois estados principais de funcionamento: "*active*" para transmissão e recepção e "*sleep*", quando não está transmitindo;
- Simplicidade de configuração e redundância de dispositivos (operação segura);
- Densidade elevada dos nós por rede. As camadas PHY (camada física) e MAC (*Media Access Control*) permitem que as redes funcionem com grande número de dispositivos ativos. Este atributo é crítico para aplicações com sensores e redes de controle;
- Protocolo simples que permite a transferência confiável de dados com níveis apropriados de segurança.

2.5 Estudo Comparativo das Tecnologias Wireless

Conhecer bem as tecnologias wireless é essencial para um bom projeto de automação residencial. Cada tecnologia tem sua particularidade e a solução final depende de um estudo minucioso de suas vantagens e desvantagens.

A utilização do Bluetooth é mais apropriada em aplicações onde o número de equipamentos é pequeno, mas o tráfego pode ser grande (com taxas de até 54 Mbps); A rede de comunicação é facilmente acessada, já que a tecnologia está presente na maioria dos celulares, computadores pessoais, notebooks e PDAs (*Personal Digital Assistant*). Outra característica importante é que o Bluetooth substitui indesejáveis cabos de rede Ethernet conectados ao computador (MONTEBELLER, 2006).

O IEEE 802.11n possui alta taxa de transmissão (600 Mbps), com conexões confiáveis, opera na faixa de 2,4 GHz ou 5 GHz, sendo que em 5 GHz causa menos interferência em dispositivos eletrônicos diversos que operam em 2,4 Ghz, e pode ser facilmente integrado a uma rede Ethernet. As desvantagens são o custo, a exigência de um ponto de acesso e a difícil configuração da rede.

O ZigBee é um canal de comunicação sem fio com baixa taxa de transmissão (250 kbps), baixo consumo e baixo custo. Os dispositivos ZigBee utilizam a mesma frequência do que os Bluetooth (2,4 GHz), e por isso a utilização dos dois sistemas juntos deve ser evitada. Por outro lado, a tecnologia ZigBee e o Wi-Fi trabalham muito bem em conjunto, incluindo a possibilidade de aumentar o sistema para aplicações multimídia, que exigem taxas de transferência maiores que o ZigBee pode suportar. Outra característica importante é o modo de operação *sleep*, que o deixa em espera economizando energia e o uso do DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum* - sequência direta de espalhamento do espectro) que o faz entrar em espera sem perder a sincronização. As desvantagens são as baixas taxas de transferência, e o desconhecimento no Brasil, diferentemente das tecnologias Bluetooth e Wi-Fi.

Tabela 2 - Comparativo entre tecnologias wireless

	Bluetooth	ZigBee	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Taxa de Transmissão	54 Mbps	250kbps	600Mbps	1300Mbps
Distância Máxima	50m	80m	70m	35m
Frequência de Operação	2,4 GHZ	2,4 GHZ	2,4GHz 5GHz	2,4GHz 5GHz
Topologia de Rede	Piconet Scatternet	ad hoc ponto-a-ponto mestre-escravo	malha estrela arvore	malha estrela arvore
Imunidade a Ruídos	Alta	Alta	Baixa	Baixa
Consumo	Baixo	Baixo	Alto	Alto
Vida útil de baterias	5 dias	> 1000 dias	< 1dia	< 1dia

2.6 ARDUINO

Figura 2 – Arduino

Fonte: ARDUINO, [20--]b

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto (*open-source*) baseada na flexibilidade do uso do hardware e software. Utiliza o microcontrolador Atmel VR

programado em uma linguagem baseada em C/C++ e dispõe de uma Interface de Desenvolvimento (IDE) compatível com sistemas operacionais Windows, Linux, Mac OS, o que o torna bem versátil. Seu baixo custo e facilidade no desenvolvimento de projetos, mesmo para leigos em programação e eletrônica, o tornaram muito popular, sendo possível encontrar vários sites na internet de desenvolvimento de protótipos (ARDUINO, [20--]e]).

As especificações técnicas da versão UNO estão listadas abaixo, segundo site da Arduino (ARDUINO, [20--]e):

Microcontrolador: Atmega328

Tensão de operação: 5V

Tensão de entrada (recomendada): 7-12V

Tensão de entrada (limites): 6-20V

Pinos de entrada/saída digital: 14 (6 podem fornecer saída PWM (Modulação por Largura de Pulso)).

Pinos de entrada analógica: 6

Corrente DC por pino de E/S: 40 mA

Memória Flash: 32 KB

SRAM: 2 KB

EEPROM: 1KB

Frequência de clock: 16MHz

2.6.1 Shields Arduino:

Os *shields* são placas de circuito que conectam ao Arduino por meio de pinos, e tem a finalidade de expandir a capacidade do sistema. Os *shields* possibilitam que o Arduino adquira novas funções, como por exemplo: uma conexão à rede local, utilizando o *Ethernet Shield*; conexão a redes sem fio, utilizando o *WiFi Shield*; comunicação do Arduino com outros dispositivos Bluetooth, utilizando o *Bluethooth Shield*, entre outros. A existência dos *shields* torna a utilização do Arduino muito mais versátil, e é um dos fatores determinantes na popularidade dessa plataforma.

2.6.2 Arduino Ethernet Shield

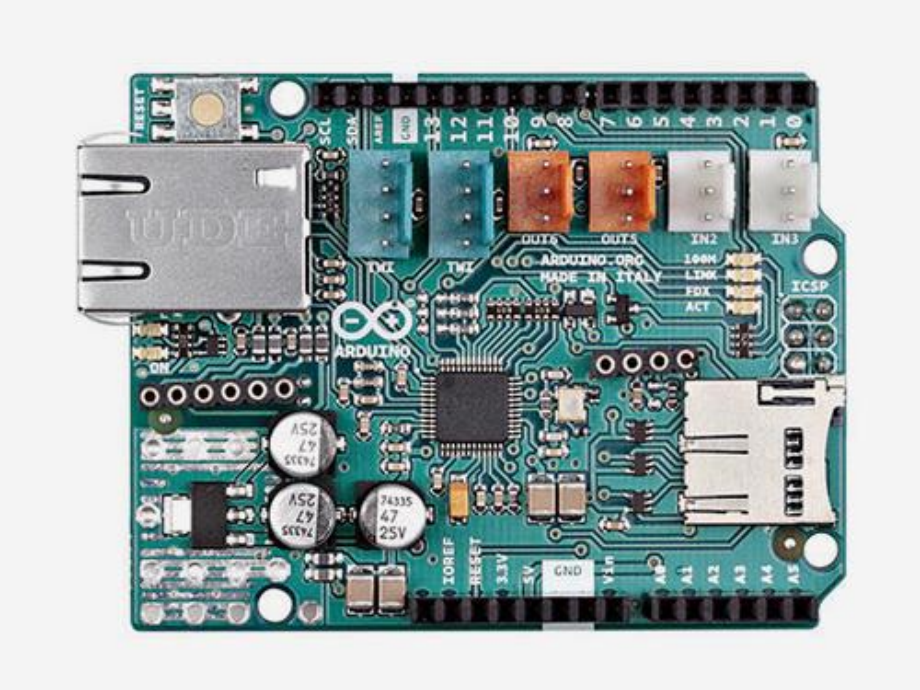


Figura 3 – Arduino *Ethernet Shield*

Fonte: ARDUINO, [20--]a.

O Ethernet *Shield* é responsável por possibilitar conexão do Arduino a uma rede local, por meio de um cabo RJ45. Ele *fornece* o protocolo *TCP/IP* na rede, possibilitando a comunicação com outros dispositivos via internet. Esse *shield* possibilita até oito comunicações de socket simultâneas. Utiliza a biblioteca Ethernet2.h (Arduino, [20--]a).

Segundo Bolzani (2004), “As redes ethernet são a principal alavanca do processo de interligação de computadores em redes e ainda, depois de décadas, uma das melhores alternativas para as redes domésticas”.

2.6.3 Arduino WiFi Shield

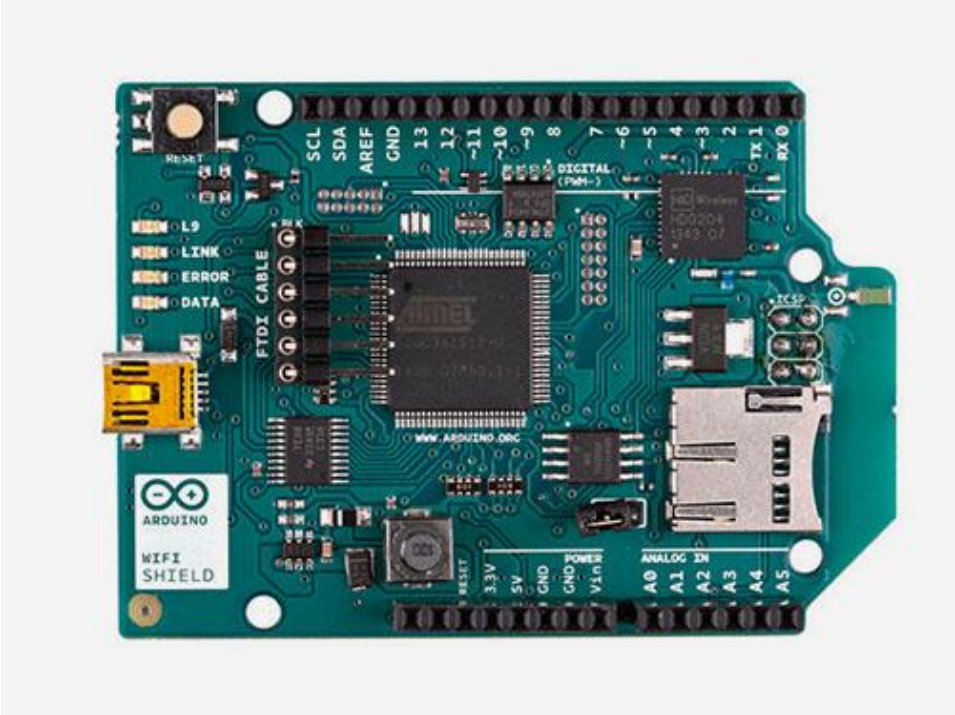


Figura 4 - Arduino WiFi *Shield*

Fonte: ARDUINO, [20--] c.

O Arduino WiFi *Shield* é utilizado para permitir a conexão do Arduino com a internet utilizando o padrão WiFi 802.11. Pode se conectar a redes wireless que operam de acordo com os padrões 802.11b, 802.11g ou 802.11n. Este *shield* se conecta ao Arduino através de conectores empilháveis, o que permite que outro *shield* seja conectado em cima deste (Arduino, [20--]c).

É considerado uma ótima solução para residências que não foram planejadas para receber um projeto de automação residencial e, consequentemente, a planta não incluiu tubulações para cabos RJ45, utilizado como meio de transmissão de dados na comunicação Ethernet, não necessitando que as paredes sejam quebradas para instalação dessas tubulações.

2.6.4 Arduino Xbee Shield

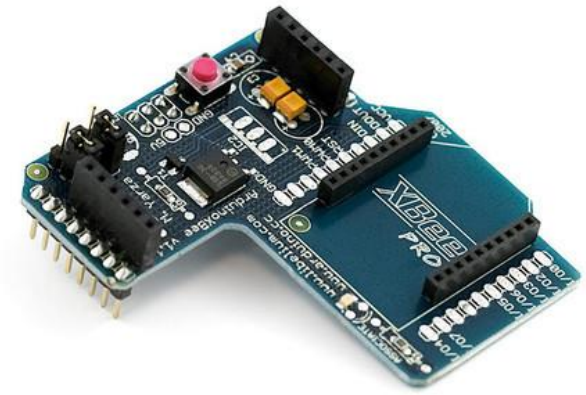


Figura 5 - Arduino XBee *Shield*

Fonte: FILIPEFLOP, [201-]

O Arduino Xbee *Shield* é utilizado para possibilitar que a placa do Arduino estabeleça uma comunicação wireless por meio do padrão Zigbee, que foi projetado baseando-se no padrão IEE 802.15.4. Apresenta dimensões muito reduzidas (inferiores a 3cm x 3 cm) e se apresenta em 2 versões distintas (XBee / XBee Pro), as quais diferem na potência de transmissão. Ao XBee está associada uma potência de 1mW e um alcance de 100m em ambientes sem obstáculos (*outdoor*) ou 30m em ambientes com obstáculos (*indoor*), enquanto o XBee Pro opera com uma potência de 60mW, o que lhe permite alcançar um raio de transmissão até 1,6km ou 100m (*outdoor / indoor*) (ARDUINO, [20--]e]).

Em termos de consumo, são dispositivos que apresentam um consumo muito reduzido (inferior a 10µA) quando em estado *sleep*, subindo, no entanto, a necessidade de alimentação quando estão em estado de recepção/transmissão, quando apresenta corrente de aproximadamente 50mA (para uma tensão de alimentação de 3,3V) (ARDUINO, [20--]e]).

2.6.5 Arduino Bluetooth Shield

Figura 6 - Arduino *Bluetooth Shield*

Fonte: BLUETOOTH, 2015.

O Arduino *Bluetooth Shield* é utilizado para permitir uma comunicação wireless bluetooth por meio da porta serial do Arduino. Pode funcionar como mestre (possibilita o pareamento com outros dispositivos *bluetooth*) e escravo (aceita pareamento).

Segue abaixo as especificações técnicas segundo Bluetooth (2017):

- Distância máxima de comunicação: 10 metros sem obstáculos
- Interface UART (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*) TTL (*Transistor-Transistor Logic*) com taxa de transmissão programável
- Taxa de transmissão padrão: 38400 (CMD MODE) / 9600 (modo de dados); bits de dados: 8; bit de parada: 1; Paridade: sem paridade
- PINCODE (senha de acesso) padrão: "0000"
- Um conjunto completo de comandos de configuração
- Antena On board PCB (*Printed Circuit Board*)
- Certificação FCC ID (*Federal Communications Commission Identification*)

2.7 Sensores

> **“**Termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. Conforme indica a figura 7.
>
> Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador” (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

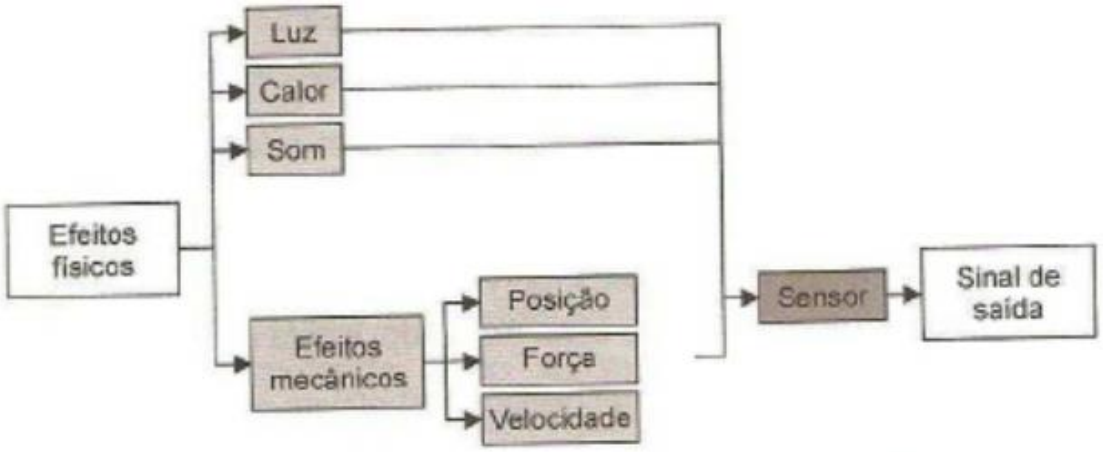


Figura 7 - Ilustração das formas de energia em um sensor

Fonte: (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011)

2.7.1 Sensores Fotoelétricos

Os sensores fotoelétricos são usados para detectar a presença ou ausência de luz em determinada área que o rodeia. Existem vários tipos de sensores fotoelétricos, sendo o LDR o mais utilizado em projetos de automação residencial.

2.7.1.1 Resistor Dependente de Luz (LDR)

Figura 8 – LDR

Fonte: WENDLING, 2010.

Os LDR são resistores cuja resistência varia conforme a intensidade de luz que incide sobre ele. Quando o LDR é exposto a luz, sua resistência, que no escuro pode chegar a 1 MΩ, cai drasticamente, e quanto maior a intensidade da luz, menor será essa resistência (WENDLING, 2010).

Devido o LDR ter um baixo custo e alta rigidez, é facilmente encontrado nas chamadas fotocélulas medidoras de luz, detector de incêndio e fumaça, e controle de iluminação para lâmpadas de postes públicos (TOKEN, 2017).

“No entanto, a desvantagem está na sua velocidade de resposta. Os LDR são sensores lentos, não operando em velocidades maiores do que algumas dezenas de quilohertz” (WENDLING, 2010). “Isso significa que, estando iluminado com uma resistência da ordem de 1000 Ω, e cortando a luz, o LDR demora aproximadamente cinco segundos para que sua resistência atinja 1 MΩ” (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Devido a este alto “tempo de recuperação”, não é recomendada a utilização do LDR em sensores do tipo leitor de cartão perfurados, códigos de barra ou sistemas de alarmes modulados. No entanto, em aplicações mais simples, cujos tempos necessários para a atuação sejam maiores, como alarmes, brinquedos, sensores de luz ambiente, detectores de iluminação, fatômetros, ele é muito útil (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

2.7.2 Sensores de Temperatura

Os sensores de temperatura estão divididos em vários tipos, cada qual específico para determinada aplicação. Em automação residencial, os sensores de temperatura fazem parte do controle de temperatura de determinado ambiente, onde enviam os valores de temperatura medidos para o sistema de controle, que por sua vez pode acionar um aquecedor, ar condicionado, ventilador, entre outros.

2.7.2.1 Termistores NTC (Negative Temperature Coefficient) e PTC (Positive Temperature Coefficient)

Os termistores NTC são semicondutores de cerâmica que tem um coeficiente negativo de temperatura, então quando a temperatura aumenta, sua resistência diminui. Já os termistores PTC são termistores com coeficiente positivo de temperatura, feitos de cerâmica policristalina, que aumentam o valor resistência com o incremento da temperatura.

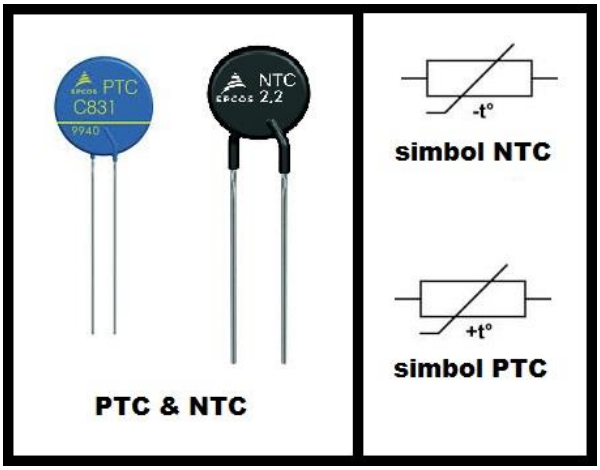


Figura 9 - Sensores PTC e NTC

Fonte: JENIS, 2014.

Os sensores do tipo NTC são os mais utilizados graças a sua alta sensibilidade ao aumento de temperatura e baixo custo de produção. São utilizados para controle, medição ou polarização de circuitos eletrônicos (SENA, 2017).

Os sensores do tipo PTC atuam numa faixa restrita em virtude da falta de linearidade, e tem como peculiaridade possuir um ponto de transição, sendo que somente a partir de uma determinada temperatura exibirá uma variação ôhmica com a variação da temperatura (SENA, 2017).

Operam em temperaturas que vão de -50°C até 150°C, e devido ao seu baixo custo, estabilidade e sensibilidade à variação de temperatura são utilizados em uma grande quantidade de aplicações.

2.7.2.2 LM35

Figura 10 - LM35

O LM35 é o sensor de temperatura mais utilizado atualmente, fato devido ao seu baixo custo, facilidade de obtenção e fácil comunicação com microcontroladores como Arduino, PIC, ARM e RaspberryPi.

O LM35 é um sensor de temperatura semicondutor, com uma tensão de saída linearmente proporcional a temperatura em graus Celsius, e uma faixa de temperatura que vai de -55°C a 150°C. O sensor LM35 não requer nenhuma calibração, sendo que para cada 10mV em sua saída representa 1°C, então se é medido uma saída de 120mV, a temperatura correspondente será 12°C (TEXAS, 2016).

2.7.3 Sensores Magnéticos de Abertura

Os sensores magnéticos de abertura são utilizados normalmente nas portas e janelas a serem controladas, tendo o propósito de detectar se a porta ou janela está aberta ou fechada. O sensor magnético pode ser usado integrado a um

sistema de alarme, acionando o alarme quando a porta ou janela abrir, ou apenas mostrar no sistema de monitoramento da casa se determinada porta ou janela está aberta ou fechada.

Esses sensores são compostos de um ímã permanente e um *reed-switch*.

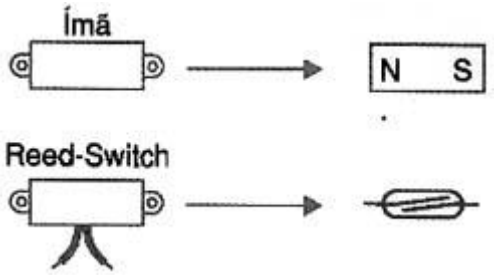


Figura 11 - Ilustração sensor magnético de abertura

Fonte: BRAGA, 2014a

O *reed-switch* é composto por duas lâminas de material ferromagnético que ficam dentro de uma cápsula de vidro de alta resistividade. Quando o campo magnético se aproxima do *reed-switch*, surge uma força de atração entre as lâminas fazendo com que elas se toquem, fechando o circuito (BRAGA, 2014a).

Quando o ímã é afastado, os contatos do *reed-switch* abrem, ativando o circuito e disparando um alarme ou sistema de aviso (BRAGA, 2014a).

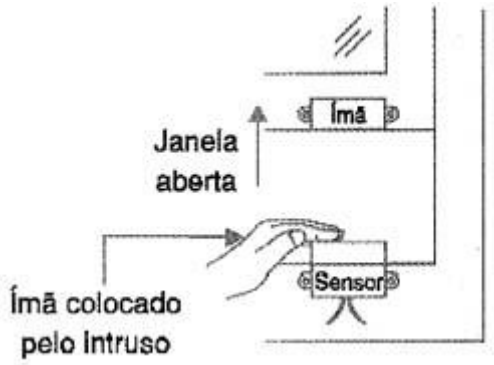


Figura 12 – Ilustração do funcionamento do sensor magnético de abertura.

Fonte: BRAGA, 2014a

2.7.4 Sensor Infravermelho Passivo

Figura 13 - Sensor infravermelho passivo

Fonte: SENSOR, 2014.

O sensor Infravermelho Passivo (sensor PIR) é um sensor eletrônico que detecta radiação infravermelha de objetos na área de alcance do sensor. Em automação residencial ele geralmente é utilizado para detectar quando um humano entra ou sai de sua área de alcance.

O PIR é feito de um material cristalino que gera uma carga elétrica em sua superfície quando exposto ao calor sob a forma de radiação infravermelha. Qualquer corpo ou objeto emite uma radiação infravermelha, e quanto mais quente estiver, maior será a radiação emitida. Quando a radiação aumenta a quantidade de carga elétrica também aumenta e essa carga é medida com um transistor FET (*Field Effect Transistor*) sensível que fica dentro do módulo do sensor (BRAGA, 2014b).

2.7.5 Sensor de Gás Inflamável e Fumaça MQ2

Figura 14 - Sensor de gás Inflamável e fumaça MQ2

O sensor MQ2 é um dispositivo de segurança utilizado principalmente em projetos de domótica. É capaz de detectar a presença de gases de diferentes tipos, entre eles, gás de petróleo liquefeito, butano, propano, metano, hidrogênio, gás natural, etc., ou mesmo fumaça, em uma concentração de 300 a 10000 ppm (POLOLU, 2017).

Utiliza o dióxido de estanho (SnO2) como material sensível, pois possui menor condutividade em ar puro. Quando o gás combustível entra em contato com o sensor, a condutividade do sensor aumenta proporcionalmente a concentração de gás, e com isso o sensor envia um sinal ao seu controlador (POLOLU, 2017).

3 EXEMPLO DE PROJETO

Figura 15 - Residência automatizada

Fonte: AUTOMAÇÃO, 2015.

Este tópico tem a finalidade de mostrar algumas das possíveis utilizações de cada sensor citado anteriormente, considerando-se um ambiente de uma residência.

3.1 Sensor de Iluminação

Neste trabalho sugere-se a utilização do LDR para montagem do sensor de iluminação. Este sensor geralmente é instalado na parte externa da casa, acionando as lâmpadas ao anoitecer ou abrindo cortinas motorizadas quando detectar a luz do dia.

3.2 Controle de Portas e Janelas

O controle de portas e janelas é realizado pelo sensor magnético de abertura que, por meio da interface de gerenciamento da residência, informará se alguma porta ou janela está aberta. O sensor magnético de abertura pode, também, ser utilizado como sistema de segurança, acionando um alarme em caso de alguma porta ou janela for aberta.

3.3 Controle de Temperatura

O controle de temperatura pode ser feito utilizando-se o sensor LM-35. Este controle gera comodidade, tornando desnecessário que os moradores fiquem ligando e desligando os equipamentos de controle de temperatura várias vezes ao dia e, principalmente, gerando economia de energia pois, os aparelhos de controle de temperatura serão acionados somente depois que determinada temperatura for alcançada, diminuindo o tempo que estes aparelhos ficarão ligados.

3.4 Sensores de presença

Os sensores de presença são feitos utilizando o sensor PIR, que aciona a lâmpada quando detecta a proximidade de radiação infravermelha, provinda de um ser humano, por exemplo. Este sensor pode ser utilizado em escadas, banheiro, garagem, e todo local que se deseja acionar as lâmpadas apenas por um curto período de tempo. Pode também ser utilizado no sistema de segurança, na detecção de intrusos, porém, deve ser muito bem configurado para que pequenos animais não acionem o alarme.

3.5 Controle de Incêndio

O controle de incêndio é composto pelo sensor MQ2 - que detecta gases inflamáveis e fumaça, um alarme, e de irrigadores na parede para contenção do fogo. O local de instalação mais adequado para o sensor MQ2 seria no teto, em cima do fogão, ou espalhado pelos cômodos da residência em caso de uma maior proteção contra incêndio advindo de fatores adversos.

3.6 Automação Residencial Utilizada no Auxílio a Pessoas com Necessidades Especiais:

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), o Brasil vai se tornar um país de idosos já em 2030. As estimativas são de que daqui a 13 anos, o número de idosos chegará a 41,5 milhões (18% da população), enquanto o das crianças será de 39,2 milhões, correspondendo a 17,6% da população (LEAL, 2016). Já as pessoas portadoras de deficiência física, segundo o IBGE, correspondiam, em 2015, a 1,3% da população (VILLELA, 2015).

Com isso, torna-se necessária a realização de um planejamento para que idosos e portadores de deficiência física tenham um aparato assistencial em suas casas e não necessitem de recorrer a estruturas de cuidado exteriores. E é por isso que as tecnologias assistivas se tornam uma ferramenta essencial para que este grupo de pessoas tenha mais autonomia, conseguindo controlar e monitorar a residência, necessitando apenas de um celular ou computador em suas mãos conectado ao sistema de domótica. “Considera-se como tecnologias assistivas ou capacitadoras qualquer equipamento ou função tecnológica que seja utilizado para dar, manter ou melhorar as capacidades funcionais de pessoas com deficiência ou incapacidade” (ELLOY, 2010). Apesar do investimento inicial envolvido na implantação de um sistema de domótica ser relativamente alto, esse valor é inferior ao custo referente a lares de idosos ou residências assistidas (Casas, 2008).

Algumas soluções interessantes são:

- Botão Emergência: Se trata de um botão de emergência, que quando acionado alerta imediatamente os entes queridos ou autoridades de uma emergência para socorrer a pessoa que necessite dos cuidados especiais.
- Memória: À medida que a nitidez mental desaparece com a idade, o esquecimento pode levar a graves problemas de segurança. As soluções em automação residencial fornecem lembretes para desligar uma panela de pressão, bloquear portas automaticamente e até mesmo para tomar medicação diária.
- Câmeras de Monitoramento: As câmeras podem ser distribuídas pelo interior e exterior da casa, possibilitando que os cuidadores monitorem o paciente.
- Controle completo do ambiente em que estiver, por meio do celular. Pode-se controlar iluminação, temperatura, som, e outras variáveis acopladas ao sistema sem precisar se deslocar para isso.

Esta aliança entre medicina e domótica está criando um ecossistema de saúde "conectado" que ajuda os pacientes a evitar a readmissão hospitalar enquanto são tratados e avaliados em suas próprias casas.

3.7 A Utilização Racional de Energia

O projeto de domótica, na maioria das vezes, é solicitado por pessoas que procuram mais segurança e conforto no ambiente residencial. Mas um grande atrativo é a possibilidade de gestão energética que este projeto proporciona.

“Durante as últimas décadas, os custos com energia cresceram mais do que os com pessoal” (BOLZANI, 2004). Este fato levou os construtores, usuários e técnicos a serem mais sensíveis as vantagens que proporcionam a organização inteligente das edificações.

O controle da residência é possível em qualquer lugar do mundo, necessitando apenas de um computador com acesso à internet ou um celular. E isso permite o monitoramento da residência a todo tempo. Gastos com lâmpadas que ficaram acesas quando a pessoa saiu de casa podem ser evitados simplesmente acessando o sistema pelo celular e apagando esta lâmpada ou por meio de sensores que monitoram os celulares dos integrantes da residência via GPS (G*lobal Positioning System*) ou sensores infravermelhos, que avisam quando a casa está vazia e assim mudam para uma configuração pré-estabelecida para diminuir o consumo de energia.

A utilização de termostatos inteligentes, para gerenciamento dos equipamentos térmicos da residência, que são conectados à rede Wi-Fi e vem com aplicativos de smartphone que são facilmente configurados, pode trazer uma economia de 10% a 30% segundo a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos da América (LAMONICA, 2014).

Segundo Mike Harris, diretor executivo da empresa de software para residência inteligente Zonoff, “A ideia de ter a possibilidade de ver e controlar sua residência via smartphone faz sentido pois as pessoas já estão conectadas a tudo em sua vida” (LAMONICA, 2014).

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

O avanço tecnológico nos proporciona, a cada ano, eletrônicos mais acessíveis, tanto em custo quanto em facilidade de programação. Fato este que vem permitindo cada vez mais a popularização da automação residencial, que antes era um privilégio apenas da classe média alta.

Este trabalho introduziu ao leitor os conceitos necessários para o desenvolvimento de um projeto de automação residencial de baixo custo, mostrando o que há de mais atual no assunto, seja em tecnologias utilizadas ou em aplicações que podem ser desenvolvidas, dando um foco à utilização dessa tecnologia na assistência a pessoas com necessidades especiais e na racionalização de energia. Esse contexto nos possibilita perceber que, além de aumentar a acessibilidade, podemos considerar a domótica como um conjunto de ferramentas que promove maior segurança, conforto e economia para as pessoas.

As contribuições deste trabalho vêm num momento onde há grande crescimento de investimentos na área, devido à constante redução no custo dos equipamentos, e uma maior preocupação por parte da população com sistemas de segurança, bem como na redução dos gastos principalmente com energia, que vem tendo tarifas cada vez maiores. Fatos que dão uma boa perspectiva aos profissionais que desejam começar a trabalhar nesta área.

4.2 Sugestões de Trabalhos Futuros

A acessibilidade que a automação residencial trás, permitindo que a residência seja controlada remotamente, também a expõe a invasões ao sistema de segurança, que na maioria dos casos tem a proteção constituída apenas por um *login* de usuário e senha. Passando por essa camada de segurança, o invasor pode controlar todas funções automatizadas da residência.

Visando o combate as ameaças trazidas pela frágil segurança presente nos projetos de automação residencial de baixo custo, um estudo relacionado a adição de mais camadas de segurança é essencial para a precaução contra invasões futuras e para o sucesso desta tecnologia.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. **Tecnologia Bluetooth: o que é e como funciona?.** 2008. Disponível em: <https://www.infowester.com/bluetooth.php>. Acesso em: 12 de maio 2017.

ARDUINO. **Arduino Ethernet Shield.** Disponível em: <https://www.Arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>. Acesso em: 28 de abr. 2017.

ARDUINO. **Arduino UNO REV3.** Disponível em: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-uno-rev3>. Acesso em: 28 de abr. 2017.

ARDUINO. **Arduino WiFi Shield.** Disponível em: <https://www.Arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>. Acesso em: 2 de maio 2017.

ARDUINO. **XBee Shield.** Disponível em: < https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield>. Acesso em: 24 de out. 2017

ARDUINO. **What is Arduino?.** Disponível em: <https://www.Arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 20 de abr. 2017.

AUTOMAÇÃO Residencial – O que é automação residencial?. 2015. Disponível em: https://www.getninjas.com.br/guia/reformas-e-reparos/automacao-residencial/o-que-.e-automacao-residencial/. Acesso em 26 de nov. 2017.

BLUETOOTH SHIELD. In: SEEED STUDIO. 2015. Disponível em: <http://wiki.seeedstudio.com/wiki/Bluetooth_Shield>. Acesso em: 3 de maio 2017.

BOCCHINI, B. **Pesquisa mostra que 58% da população brasileira usam a internet**. *Agência Brasil*, São Paulo, 13 set. 2016. Disponível em: http://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2016-09/pesquisa-mostra-que-58-da-populacao-brasileira-usam-internet. Acesso em: 28 de abr. 2017.

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

BRAGA, N. C. **Sensor Magnético de Alarmes.** 2014. Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1796-art265/>. Acesso em: 24 de maio 2017.

BRAGA, N. C. **Sensor Piroelétrico de Presença (ART001).** 2014. Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/54-dicas/363-sensor-piroeletrico-depresenca-art001.html/>. Acesso em: 24 de maio 2017.

CASAS, Roberto. et al. ***User Modelling in Ambient Intelligence for Elderly and Disabled People.*** 2008. Disponível em: <https://www.glyndwr.ac.uk/groutv/papers/umaiedp.pdf>. Acesso em: 28 de abr. 2017.

COSTA, R. A. A.; Mendes, L. A. M. **Evolução das Redes sem Fio: Um Estudo Comparativo Entre Bluetooth e ZigBee.** 2006. Disponível em: <http://ftp.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-a010b188f93af4c28ca9af23b9e3c476.pdf>. Acesso em: 14 de maio de 2017.

Eloy, S.; Plácido, I.; Nunes, R. ***Utilização de domótica na estratégia de sustentabilidade social e ambiental***. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HABITAÇÃO NO ESPAÇO LUSÓFONO, 2010, Lisboa. *Anais eletrônicos*... Lisboa: ISCTE, 2010. Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/2150. Acesso em: 28 de abr. 2017.

EUZÉBIO, M. V. M.; MELO, E. R. **Droidlar - Automação residencial através de um celular Android.** 2011. Disponível em: <http://www.sj.ifsc.edu.br/~mello/artigos/droidlar-2011>. Acesso em: 28 de abr. 2017.

FILIPEFLOP. **XBeeShield para Arduino**. Disponível em: <http://www.filipeflop.com/pd-6b60d-xbee-shield-para-Arduino.html>. Acesso em: 9 de jun. 2017.

HENNING, C. H. **Desafios no Desenvolvimento de uma Rede Wireless para um Sistema de Controle de Válvulas em uma Refinaria.** São Paulo: ISA, 2009.

JENIS jenis resistor. 2014. Disponível em: <https://bagaskawarasan.wordpress.com/2014/03/23/jenis-jenis-resistor/>. Acesso em: 9 de jun. 2017

KURTZ, J. Mudanças em padrão Wi-Fi podem melhorar conexão e diminuir interferências. *Techtudo,* 5 jul. 2016. Disponível em: http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2016/07/mudancas-em-padrao-wi-fi-podem-melhorar-conexao-e-diminuir-interferencias.html. Acessoem: 13 de maio 2017.

LAMONICA, M**. Will smart home technology systems make consumers more energy efficient?**. *The Guardian.* 2014. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/smart-home-technology-energy-nest-automation>.Acesso em: 05 de jun. 2017.

LEAL, L. N. **População idosa vai triplicar entre 2010 e 2050, aponta publicação do IBGE. 2016**. Disponível em: <http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,populacao-idosa-vai-triplicar-entre-2010-e-2050-aponta-publicacao-do-ibge,10000072724>. Acessoem: 04 de jun. 2017

MCGRANDLES IT SOLUTIONS. **IEE 802.11 Wi-Fi standards**. 2016. Disponível em: <http://mcgrandles.com/2016/05/ieee-802-11-wi-fi-standards/>.Acesso em: 13 de maio 2017.

MILLER, M. **Descobrindo Bluetooth.** Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MONTEBELLER, S. J.; **Estudo sobre o emprego de dispositivos sem fios – *wireless* na automação do ar condicionado e de outros sistemas prediais.** 2006. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NARULA, G. **Frequencyband**.2015. Disponível em: http://ecee.colorado.edu/~liue/teaching/comm_standards/2015S_IEEE_802.11n/Webpages/fband.html. Acesso em: 13 de maio 2017.

PINHEIRO, J. M. S.; **As Redes com Zigbee.** 2004. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php>. Acesso em: 3 de maio 2017.

POLOLU. **MQ-2 Semiconductor Sensor for CombustibleGas.** Disponível em: <https://www.pololu.com/file/download/MQ2.pdf?file_id=0J309>. Acesso em: 24 de maio 2017.

SENA, B. **Características dos Sensores de Temperatura NTC e PTC.** 2017**.** Disponível em: <http://www.addtherm.com.br/2017/01/12/sensores-de-temperatura-ntc-e-ptc/>. Acesso em: 15 de maio 2017.

SENSOR de presença com módulo PIR DYP-ME003. 2014. Disponível em: <http://www.Arduinoecia.com.br/2014/06/sensor-presenca-modulo-pir-dyp-me003.html>. Acesso em: 9 de jun. 2017.

SILVEIRA, C. B. **Entenda como funciona o protocolo TCP-IP. 2016**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/protocolo-tcp-ip/>. Acesso em: 30 de abr. 2017.

TEXAS INSTRUMENTS. **LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors.** 2016. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. Acesso em: 23 de maio 2017.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações**. 4. Ed. Editora Erica, 2011.

TOKEN PASSIVE COMPONENTES. **Cds Photoresistors.** Disponível em: <http://www.token.com.tw/resistor/photo-cds.htm>. Acesso em: 15 de maio 2017.

WENDLING, M.; **Sensores.** 2010. Disponível em: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Acesso em: 15 de maio 2017.