

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA
THIAGO BUENO

**DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS CONECTADOS À INTERNET DAS
COISAS E SUAS APLICAÇÕES NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

LAGES

2019

THIAGO BUENO

**DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS CONECTADOS À INTERNET DAS
COISAS E SUAS APLICAÇÕES NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professora Orientadora: Dr^a Franciéli Lima de Sá
Professora Co-Orientadora: M.^a Nathielle Waldrigues Branco

LAGES

2019

Monografia apresentada ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Thiago Bueno
NOME DO ALUNO

Dispositivos Eletrônicos Conectados à Internet das Coisas e suas Aplicações na Automação Residencial.
TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Francieli Lima de Sá
Titulação e nome do Orientador (a)

Sélio Moraes de Oliveira
Titulação e nome do ~~Co-orientador~~ (a).
Avaliador

Ms Profa Juliana Facchini de Souza
Titulação e nome do Avaliador (a).

Dra. Profa. Francieli Lima de Sá
Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 18 de dezembro de 2019.

Dedico este trabalho a minha família, que muito me apoiou no decorrer do curso me motivando sempre a continuar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Professora Orientadora Franciéli Lima de Sá e a Professora Co-Orientadora Nathielle Waldrigues Branco que tiveram paciência e que me ajudaram bastante a concluir este trabalho, agradeço também a todos os professores que durante muito tempo compartilharam seus conhecimentos e me ensinando a ser um profissional melhor.

Agradeço também aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes. Agradecimento especial ao Engenheiro Luan Bispo pela disponibilidade e troca de informações durante as etapas finais do desenvolvimento do protótipo.

*“A simplicidade é o último grau de
sofisticação.”*

Leonardo Da Vinci

DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS CONECTADOS À INTERNET DAS COISAS E SUAS APLICAÇÕES NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Thiago Bueno¹

Franciéli Lima de Sá²

Nathielle Waldrigues Branco³

RESUMO

A presente monografia com tema abrangendo dois setores: internet das coisas e automação residencial, apresenta um breve histórico da automação residencial, bem como um histórico da internet das coisas, os países que mais fazem o uso dessa tecnologia e suas aplicações. Os componentes que são empregados para o uso dessas tecnologias, seus principais protocolos de comunicação, sua arquitetura, distribuição e alcance são outros tópicos também abordados. O desenvolvimento de um aplicativo para *smartphone* também é abordado no decorrer desta monografia.

Palavras-chave: Automação Residencial. Internet das Coisas. Engenharia Elétrica. Novas Tecnologias.

¹ Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST

² Professora Doutora do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST

³ Professora Mestra do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST

ELETRONIC DEVICES CONNECTED TO THE INTERNET OF THINGS AND THEIR APPLICATIONS IN RESIDENTIAL AUTOMATION

Thiago Bueno¹

Franciéli Lima de Sá²

Nathielle Waldrigues Branco³

ABSTRACT

This thematic monograph covering two sectors: IoT and home automation, presents a brief history of home automation, as well as a history of IoT, the countries that make the most use of this technology and its applications. The components that are employed for the use of these technologies, their main communication protocols, their architecture, distribution and range are other topics also covered. The development of a smartphone app is also covered during this monograph.

Keywords: Residential Automation. Internet of Things. Electrical engineering. New technologies.

¹ Academic of the Baccalaureate Course in Electrical Engineering of the UNIFACVEST University Center

² PhD Teacher of the Baccalaureate Course in Electrical Engineering at UNIFACVEST University Center

³ Master Teacher of the Baccalaureate Course in Electrical Engineering at UNIFACVEST University Center

LISTA DE SIGLAS

ADSL -	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
ANSI -	<i>American National Standards Institute</i>
AP -	<i>Access Point</i>
ARCNET -	<i>Attached Resource Computer Network</i>
ASHRAE -	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers</i>
AURESIDE -	<i>Associação Brasileira de Automação Residencial</i>
BACNET -	<i>Building Automation and Control Network</i>
BPS -	<i>Bytes por segundo</i>
CEBUS -	<i>Consumer Electronics Bus</i>
CEDOM -	<i>Asociación Española de Domótica e Inmótica</i>
CFTV -	<i>Circuito Fechado de Televisão</i>
CIMATEC -	<i>Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia</i>
CLP -	<i>Controlador Lógico-Programável</i>
COAP -	<i>Constrained Application Protocol</i>
CSMA -	<i>Carrier Sense Multiple Access</i>
CSMA/CA -	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
CSMA/CD CR -	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Collision Resolution</i>
DVD -	<i>Digital Versatile Disc</i>
DTLS -	<i>Datagram Transport Layer Security</i>
EAD -	<i>Educação à Distância</i>
EIA -	<i>Electronic Industries Alliance</i>
EPC -	<i>Evolved Packet Core</i>
EEPROM -	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
FOSS -	<i>Free and Open Source Software</i>
GHZ -	<i>Giga Hertz</i>
GM -	<i>General Motors</i>
HDMI -	<i>High Definition Multimedia Interface</i>
HVAC -	<i>Heating Ventilating and Air Conditioning</i>
HTTP -	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HZ -	<i>Hertz</i>
IBM -	<i>International Business Machines</i>

IBSG -	<i>Internet Business Solution Group</i>
IEEE -	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
I/O -	<i>In/Out</i>
IOT -	<i>Internet of Things</i>
ISO -	<i>International Organization for Standardization</i>
IP -	<i>Internet Protocol</i>
IPTV -	<i>Internet Protocol Television</i>
IPV6 -	<i>Internet Protocol Version 6</i>
ITU -	<i>International Telecommunication Union</i>
LAN -	<i>Local Area Network</i>
LDR -	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED -	<i>Light Emitting Diode</i>
LG -	<i>Lucky Gold star – Life’s Good</i>
LNSDDE -	<i>Lon works Network Service Dynamic Data Exchange Server</i>
LTE -	<i>Long Term Evolution</i>
MBPS -	<i>Megabytes por segundo</i>
MHZ -	<i>Mega Hertz</i>
MTM -	<i>Machine to Machine</i>
MIT -	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MIPV6 -	<i>Mobile Internet Protocol Version 6</i>
MODICON -	<i>Modular Digital Controller</i>
OCDE -	<i>Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico</i>
OSI -	<i>Open Systems Interconnection</i>
PR -	<i>Paraná</i>
PC -	<i>Personal Computer</i>
PLC -	<i>Power Line Carrier</i>
PCB -	<i>Printed Circuit Board</i>
PTP -	<i>Point to Point</i>
RAM -	<i>Random Access Memory</i>
RFID -	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RFC -	<i>Request for Comments</i>
ROM -	<i>Read Only Memory</i>
SO -	<i>Sistemas Operacionais</i>
SP -	<i>São Paulo</i>

SENAI -	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TV -	Televisão
UCC -	<i>Uniform Code Council</i>
UDP -	<i>User Datagram Protocol</i>
UE -	União Europeia
UTP -	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
VOD -	<i>Video on Demand</i>
VOIP -	<i>Voice over Internet Protocol</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Princípio de Funcionamento de um CLP	20
Figura 2 - Logo da Aureside.....	22
Figura 3- Países com mais dispositivos conectados a sistemas com IoT	26
Figura 4 - Arquitetura da IoT	29
Figura 5 - Exemplo de comunicação dos elementos básicos na Automação Residencial.....	36
Figura 6 - Exemplo de um sistema de Automação Residencial com Arquitetura Centralizada	37
Figura 7 - Exemplo de um sistema de Automação Residencial com Arquitetura Descentralizada.....	37
Figura 8 -Divisão dos Setores da Automação Residencial.....	38
Figura 9 - Tela Principal da plataforma para criação de Aplicativos	49
Figura 10 - Definição do Nome do Projeto	49
Figura 11 - Tela Inicial para desenvolvimento do aplicativo	50
Figura 12 - caixa de diálogo para inserir imagens que serão usadas no app	50
Figura 13 - Screen 1 configurada com os botões de funcionalidade	51
Figura 14 - Configurando a Ação do Iniciador de Atividades	52
Figura 15 - Configuração do Intervalo do Temporizador.....	53
Figura 16 - Programação e Lógica por Blocos	53
Figura 17 - Início da programação em blocos	54
Figura 18 - Desconectando e Conectando o Bluetooth	54
Figura 19 - Bloco de Escolha opção sair	55
Figura 20 - Blocos de programação para chamada da lista de dispositivos Bluetooth pareados	55
Figura 21 - Bloco de programação para acionamento dos LEDs	56
Figura 22 - Programação de leitura de bytes recebidos pelo Bluetooth	57
Figura 23 – Início da programação do Arduíno para conexão ao App.....	57
Figura 24 - Continuação da programação do Arduíno	58
Figura 25 - Fim da programação do Arduíno	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – *Hardwares* usados na IoT ----- 31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Objetivos	17
1.1.1. Objetivo Geral	17
1.1.2. Objetivos Específicos	17
1.2. Justificativa	17
1.3. Aplicações	17
1.4. Metodologia	17
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
2.1. Histórico da Automação	19
2.2. Órgão Regulador da Automação Residencial no Brasil	21
2.3. Histórico da Internet das Coisas	23
2.4. Países que mais usam a IoT	26
2.5. Principais Aplicações da IoT	27
3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	29
3.1. IoT – Arquitetura	29
3.2. IoT – Hardware	30
3.3. IoT – Mobilidade	32
3.4. IoT – Protocolos	33
3.5. Automação Residencial – Elementos básicos	34
3.6. Automação Residencial – Arquitetura	36
3.7. Automação Residencial – Setores	38
3.7.1. Setor de Controle	38
3.7.2. Setor de Multimídia	41
3.7.3. Setor de Dados	42
3.8. Automação Residencial – Protocolos	43
3.8.1. CEBus	43
3.8.2. X-10	44
3.8.3. BACNET	44
3.8.4. LONWorks	45
3.8.5. Ethernet	45
3.8.6. HomePNA	46
3.8.7. Zigbee	46
3.8.8. IEEE 802.11	47
3.8.9. Z-Wave	47

4. PROJETO PRÁTICO USANDO ARDUÍNO E IOT EM APLICAÇÃO FOCADA NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	49
4.1. Desenvolvimento de um aplicativo para <i>smartphone</i> com SO <i>Android</i> para controle de iluminação de uma residência via <i>bluetooth</i> com uso do <i>arduíno</i>	49
4.1.1. Programação do Arduíno	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6. REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

O trabalho aqui proposto tem como tema Dispositivos Eletrônicos Conectados à Internet das Coisas e suas aplicações na Automação Residencial, e busca através do seu desenvolvimento explicar sobre a influência da internet das coisas na economia energética em uma residência.

Almeja-se estudar meticulosamente a influência na conta de luz de um projeto de automação residencial com foco em dispositivos eletrônicos conectados à IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas).

Assim sendo, tem-se por objetivo geral demonstrar quais são as principais formas de se automatizar uma residência, bem como realizar um projeto de automação residencial aplicado a um protótipo.

Com a constante evolução da tecnologia, precisamos estar sempre nos atualizando com os aparatos tecnológicos que surgem a cada dia. Essa evolução contínua se torna um objeto de estudo com amplas ramificações.

Aliado a isso, temos a automação residencial, que possibilita ao usuário maior conforto no dia-a-dia tornando práticas as atividades comuns como ligar aparelhos eletrodomésticos, eletrônicos, até mesmo a abertura de persianas e portas, por exemplo.

Referente à técnica de pesquisa empregada, esta foi elaborada através da pesquisa exploratório-descritiva com fontes de pesquisa primárias e secundárias, ou seja, relatórios, dissertações, artigos e projetos em estudo, livros e manuais.

Através das técnicas de pesquisa e métodos de abordagem descritos nos parágrafos anteriores é que este trabalho acadêmico busca demonstrar as principais aplicações dos dispositivos eletrônicos conectados à internet das coisas com seu foco na automação residencial visando um melhor aproveitamento da energia elétrica dentro de uma residência fazendo o uso de alternativas tecnológicas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

A presente monografia tem como objetivo geral demonstrar alguns dos protocolos da Internet das Coisas e da Automação Residencial, bem como se dá a criação um protótipo automatizado simulando uma residência com o uso de *Arduíno*.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da monografia são os seguintes:

- Desenvolvimento, criação e funcionamento de um aplicativo para *Smartphone* com SO *Android* para controle de um protótipo criado por uma rede de internet conectada a um dispositivo capaz de comandar via *Bluetooth*.

1.2. Justificativa

O tema da monografia foi escolhido, pois é um tema que me chama a atenção, visto que há muita gente que desconhece o quanto se pode reduzir o consumo de energia elétrica em uma residência se a mesma for automatizada. O avanço da tecnologia faz com que esse tema tenha uma grande relevância pois a cada dia surgem novas tecnologias tornando o cotidiano mais fácil e se tratando de automação há sempre algo novo para criar dentro do que já existe no mercado.

1.3. Aplicações

Com o desenvolvimento do projeto almeja-se fazer um uso consciente e prático da energia elétrica dentro das residências, aliando as tecnologias já existentes através do uso de aplicativos de *smartphones* capazes de controlar as funções de equipamentos elétrico-eletrônicos dentro de uma residência.

1.4. Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada no desenvolvimento da monografia será exploratório-descritiva com fontes de pesquisa primárias e secundárias. Esta, será dividida em:

No primeiro capítulo encontra-se a introdução ao tema da monografia e as motivações que levaram o desenvolvimento do trabalho utilizando este tema.

No segundo capítulo estão as referências bibliográficas onde são apresentados os históricos da IoT e da Automação Residencial.

Já no capítulo três encontram-se os princípios de funcionamento da IoT e da Automação Residencial, bem como são suas arquiteturas e protocolos mais usados.

No capítulo quatro relata sobre o processo de criação do protótipo de automação residencial com o uso da internet das coisas via aplicativo para *smartphone*. O capítulo cinco encontra-se a conclusão abordando tudo aquilo que foi exposto no decorrer desta monografia.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2.1. Histórico da Automação

A automação tem início no século XVIII com a invenção da máquina a vapor, aumentando a produção de produtos manufaturados. No século XIX, a indústria cresceu e tomou formas maiores, surgiram novas fontes de energia e houve a substituição do ferro pelo aço, fator este que proporcionou o desenvolvimento das indústrias na Europa e nos EUA, nos anos que se seguiram, foram criados os primeiros relés, dispositivos mecânicos que logo após sua criação tomaram conta das fábricas mundo a fora (CORETTI, 1998).

No início do século XX, o conceito de indústria já estava bem definido, entretanto os ambientes fabris não eram automatizados, se tinham algo automatizado ainda era muito rudimentar. Os pensamentos que deram origem a Revolução Industrial: aumento de produtividade, de lucro, de qualidade, etc.; fizeram com que os donos de indústrias da época esboçassem ideias sobre produção em larga escala (CORETTI, 1998).

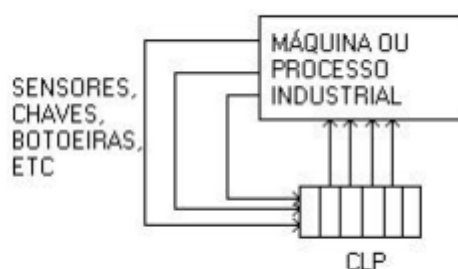
No ano de 1909, *Henry Ford* teve uma ideia que acabou por mudar o pensamento da indústria da época, e que se propaga até os dias de hoje. *Henry Ford* da *General Motors*, arquitetou algo que ele mesmo chamou de Linha de Montagem, e possivelmente esse tenha sido o estopim do desenvolvimento industrial bem como um marco para a Automação Industrial. As fábricas na época foram revolucionadas com a aplicação da ideia de Henry, isso gerou novos conceitos no meio industrial dentre eles: produção em massa, pontos de montagem, estoques intermediários, etc (CORETTI, 1998).

Na metade desse século a GM já produzia automóveis em larga escala, e após a morte de Henry, a GM já tinha máquinas automatizadas operando em suas fábricas, contudo a programação dessas máquinas era bastante complexa, devido à instalação de painéis e cabines de controle com centenas de dispositivos mecânicos, isso exigia grande interconectividade e gastava muita energia, isso sem levar em consideração outros problemas estruturais como o cabeamento e a vida útil dos relés (CORETTI, 1998).

No ano de 1968, os relés estavam caindo em desuso na área da eletrônica e devido a esse fator a empresa *BedFord Association*, foi contratada em *BedFord* – EUA para criar um dispositivo eletrônico que substituísse eles. O *MODICON (Modular Digital Controller)* foi o primeiro Controlador Lógico Programável – CLP e veio como solução para substituir o maquinário antigo transformando os sistemas em algo mais flexível e eficiente ao mesmo tempo (CORETTI, 1998).

Com a constante evolução tecnológica os CLPs tem mudado além de características visuais e robustez, podendo ser programáveis em várias linguagens, isso ajuda quem trabalha nas indústrias, pois torna os ciclos de programas mais rápidos, com sistemas de entrada e saída mais compactos, interfaces amigáveis e que possibilitam a conexão de mais dispositivos aos CLPs, etc. Outra grande evolução no âmbito dos CLPs é que são capazes de indicar suas próprias falhas bem como as falhas da máquina em que estão conectados e do processo que controlam (CORETTI, 1998)

Figura 1- Princípio de Funcionamento de um CLP



Fonte: CORETTI, 1998.

A automação residencial é um conjunto de serviços disponibilizados por sistemas tecnológicos conectados de forma a satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto dentro de uma residência. O termo usado nos países europeus quando se fala em automação residencial é domótica (CEDOM, 2016).

Uma definição bem completa do termo domótica é encontrada nas publicações da *Asociación Española de Domótica (CEDOM)*:

“Domótica é a automação e o controle aplicados à residência. Esta automação e controle se realizam através do uso de equipamentos que dispõem de capacidade para se comunicar interativamente entre eles e com capacidade de seguir as instruções de um programa previamente estabelecido pelo usuário da residência e com possibilidades de alterações conforme seus interesses. Em consequência, a domótica permite maior qualidade de vida, reduz o trabalho doméstico, aumenta o bem-estar e a segurança, racionaliza o consumo de energia e, além disso, sua evolução permite oferecer continuamente novas aplicações.” (CEDOM, 2016)

A principal condição que define se uma residência é ou não automatizada é se há ou não integração entre os sistemas que coordenam os dispositivos eletrônicos dentro dessa residência e se há capacidade de entender e executar funções e comandos através de instruções previamente programadas.

Essa integração deve ser abrangente de forma a conectar todos os dispositivos eletrônicos dentro da residência sendo eles: Instalação Elétrica: iluminação, persianas e cortinas gestão de energia, entre outros; Sistema de Segurança: alarmes de segurança, alarmes técnicos

(fumaça, vazamento de gás, inundação), circuito fechado de TV, monitoramento, controle de acesso; Sistemas de multimídia: áudio e vídeo, som ambiente, jogos eletrônicos, vídeos, imagens e sons sob demanda; Sistemas de comunicações: telefonia e interfonia, redes domésticas, TV por assinatura; Utilidades: irrigação, aspiração central, climatização, aquecimento de água, bombas e outros.

Os primeiros estudos sobre automação residencial estão datados da época de 1970, quando emergiram os primeiros módulos automatizados, cujos comandos eram enviados pela própria rede elétrica da casa, no formato PLC (*Power Line Carrier*). Isso era algo bem simples para a época e sua aplicação estava focada em situações específicas, como acionar de forma remota algum equipamento ou luzes de um ambiente.

Com a popularização dos PC's (*Personal Computers*) e da própria internet, o avanço da tecnologia móvel e de demais tecnologias que integraram a vida das pessoas, a receptividade das pessoas quanto às tecnologias residenciais foi mais dinâmica.

Nos países mais economicamente desenvolvidos, a mudança do cenário para as “casas do futuro” tem se concretizado de maneira muito prática no decorrer dos anos. Isso se deve ao fato de que as tecnologias tem se tornado mais populares e com isso, seu custo também tende a cair.

2.2. Órgão Regulador da Automação Residencial no Brasil

Em alguns países há instituições, órgãos com ou sem fins lucrativos e associações que estudam e transmitem conteúdos relacionados a assuntos referentes à Automação Residencial, e aqui no Brasil, esta associação é identificada pela AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial), que uniu os profissionais, empresas e usuários dessa tecnologia, de forma a levá-los ao que há de mais moderno nesse ramo da automação (AURESIDE, 2015).

Como em qualquer ramo em desenvolvimento, no começo podem até serem aceitas algumas improvisações, entretanto apenas os profissionais que estão comprometidos e aptos poderão progredir. E é com esse objetivo que a AURESIDE pretende trabalhar, formando opiniões dentro de princípios e padrões previamente definidos, e da mesma maneira que na engenharia e arquitetura, pretende-se formar no futuro profissionais capazes de dominar essas técnicas capazes de oferecer ao público, projetos e trabalhos valorosos e seguros (AURESIDE, 2015).

A AURESIDE tem como objetivos: “Impulsionar a adoção de tecnologias de Automação Residencial no país; Fornecer informações e conhecimentos atualizados e de qualidade de maneira segmentada para os públicos-alvo distintos como, por exemplo:

Engenheiros, Arquitetos, Estudantes, Projetistas, Instaladores e Usuários; Manter cursos de capacitação, formação e certificação profissional em Automação Residencial; Aprovar produtos e serviços na área por meio da estampa do seu selo.” (AURESIDE, 2015).

Figura 2 - Logo da Aureside



Fonte: AURESIDE, 2015.

A sede da Associação está localizada em Curitiba/PR, e tem membros representantes de outros estados e localidades no território nacional. Seus regulamentos foram registrados em fevereiro de 2000 no 1º Cartório de Títulos e Documentos de Curitiba; contudo, seu principal endereço é Rua Dr. Alfredo Ellis, 41 – Bela Vista – São Paulo – SP (AURESIDE, 2015).

Os membros representantes da Associação atuam como uma extensão da diretoria-executiva da Associação em sua região, tendo como principal responsabilidade a divulgação e apoio nas atividades da Associação (AURESIDE, 2015).

O principal meio de divulgação e aproximação entre os membros da Associação e demais profissionais ou empresas interessadas pelo tema é o portal da Internet (www.aureside.org.br), nele são expostas ações como, por exemplo: Programação, Organização, Realização de Conferências, Palestras, Debates e Exposições Regionais e Nacionais, e ainda outros eventos locais; Treinamentos; Cursos EAD; Videoconferências; Cursos de capacitação com certificado profissional em Automação Residencial; Cursos que abordam algumas linhas distintas de produtos de um determinado fabricante; Divulgação de Artigos Técnicos através da internet; Vídeos; entre outros (AURESIDE, 2015).

2.3. Histórico da Internet das Coisas

A Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT do inglês), é um termo que surgiu na década de 90, época em que se popularizava o RFID (*Radio Frequency Identification*).

Em 1999, quando o RFID começou a ser difundido houve um grande movimento, pois se percebeu que poderia transmitir informações para os consumidores com um microchip acoplado com uma antena de baixo custo, sem chances de erro (POSTSCAPES, 2019).

O UCC (*Uniform Code Council*), Conselho Padrão de Código, em conjunto com a *Procter & Gamble* e *Gillete*, deram início ao *Auto-ID Center*, um centro de pesquisa não governamental localizado em Massachusetts, com o objetivo de estudar, criar e promover o uso do RFID nos centros de distribuição. O principal objetivo em se criar uma etiqueta inteligente de baixo custo é que se pode fixar em quaisquer itens e locais as mesmas, o que por sua vez propicia uma melhor troca de informações sobre esses itens, isso por sua vez dá um novo sentido a rede, e assim teve início a chamada IoT (POSTSCAPES, 2019).

No início do ano de 2000 é que a ideia de uma rede de objetos conectados trocando informações entre si começa a ganhar notoriedade. Em junho de 2000, “a LG apresentou ao mercado sua geladeira inteligente durante um evento na Coreia do Sul” (*LG Electronics*, 2002). Esse produto deveria fazer par com outros dispositivos, todos conectados à rede e sendo gerenciados por um sistema da própria LG.

O jornal *The Guardian* publicou em 2003 uma matéria sobre as “etiquetas RFID e a EPC Network do Auto-ID Centre” (*The Guardian*, 2003). Em 2004 no mês de setembro, a *Scientific American* publicou um artigo assinado por *Neil Gershenfeld* e outros pesquisadores do *MIT Media Lab* com informações sobre “casas inteligentes, sensores interligados e tecnologias que possibilitam que tudo seja conectado” (*Scientific American*, 2004). Em 2005, o termo IoT apareceu pela primeira vez no *The New York Times* envolvido “às conferências na Cúpula das Nações Unidas para a era da informação naquele ano” (*SHANNON, Victoria*, 2005), seguido por uma matéria sobre as “maravilhas e perigos dessa nova tecnologia, poucos dias depois” (*SHANNON, Victoria*, 2005).

De 2005 em diante, os debates sobre a IoT se tornaram gerais e começaram a ganhar proporções de forma a chamar a atenção de governos e aparecerem conectados a assuntos de privacidade e segurança de dados (POSTSCAPES, 2019).

Nesse mesmo ano, a IoT acabou se tornando uma pauta do *International Telecommunication Union* (ITU), uma agência das Nações Unidas para assuntos ligados a tecnologias da informação e da comunicação, que anualmente publica relatórios sobre as novas

tecnologias. Dessa forma, depois da era da banda larga e da internet móvel, a IoT chamou a atenção do órgão e passou a representar o “próximo passo das tecnologias, ‘always on’ [...] que prometem um mundo de dispositivos interconectados em rede” (ITU, 2005, p. 1). Ainda em neste ano, foi lançado o *Nabaztag*, um “aparato em forma de coelho que, conectado à Internet, poderia ser programado para receber informações como a previsão do tempo, ler e-mails, notícias e realizar outras aplicações.” (Karotz, Nabaztag & Cie, 2005) Tendo várias funções, esse aparelho foi considerado por muitos o primeiro objeto inteligente que foi comercializado em grande escala e que tinha uma função mais amigável e menos industrial.

O livro *Shaping Things* de Bruce Sterling foi lançado em 2005, esta literatura apresentou os *Sprimes*, que nada mais são do que objetos “desenhados em telas, fabricados digitalmente e rastreáveis no tempo e no espaço” (STERLING, 2005, p. 11).

No ano de 2006, Adam Greenfield preocupou-se também com objetos conectados à rede e por conta disso escreveu e lançou um livro chamado *Everyware*. Esse livro descreve “uma visão de processamento segmentada no ambiente fazendo com que os *PC's*, como conhecemos hoje, desaparecerem” (GREENFIELD, 2006).

Além de realizar a definição de *everyware*, Greenfield em seu trabalho demonstra o alcance das tecnologias oblíquas para o bem-estar dos seres humanos bem como os problemas relativos à vigilância e a privacidade (GREENFIELD, 2006).

Foi publicado no ano de 2008 o livro *The Internet of Things* de Rob Van Kranenburg, esse livro assim como os já citados anteriormente, busca “acrescentar novas ideias sobre uma nova referência onde os objetos produzem informação” (KRANENBURG, 2008) e isto se tornou um grande referencial teórico sobre a IoT. Esse texto traz à tona informações sobre a ação humana em ambientes que processam dados de forma independente.

Rob Van Kranenburg demonstra suas preocupações sobre a vigilância que os dispositivos conectados à rede tem e a se realmente é necessário tomar posse dessa tecnologia (KRANENBURG, 2008). Nessa época, já se podia notar que a IoT estava em operação.

Foi lançada no ano de 2008 a plataforma *Patchtube.com*, essa plataforma conecta dispositivos e dá controle e capacidade de armazenamento de dados em tempo real aos usuários. Atualmente a plataforma mudou de nome para *Cosm*, contudo operando com as mesmas características. Esta resolução faz com que os usuários tenham seus próprios sensores ou dispositivos e tem um papel importante para a IoT, pois demonstra que a mesma não focada apenas em partes industriais, podendo ser mais difundida no âmbito de uso pessoal (POSTSCAPES, 2019).

Na mesma época aconteceu em Zurique na Suíça a primeira “conferência sobre IoT” (*INTERNATIONAL CONFERENCE*, 2008), evento esse que teve seus debates expostos em um livro que foi publicado no mesmo ano organizado por *Christhian Floerkemeier, Marc Langheinrich, Elgar Fleisch, Friedemann Mattern e Sanjay E. Sarma*.

Uma segunda edição dessa conferência foi elaborada no ano de 2010 em Tóquio e a terceira edição foi realizada em Outubro de 2012 em *Wuxi* na China. Todas as edições das conferências foram organizadas por uma comissão criada pelos representantes dessas tecnologias e pesquisadores (*POSTSCAPES*, 2019).

Um ano depois da 1ª conferência internacional, Salvador foi sede do primeiro evento com esse tema no país. O evento foi organizado pelo CIMATEC SENAI e pela *Saint Paul* Etiquetas Inteligentes, o Primeiro Congresso de Tecnologia, Sistemas e Serviços com RFID aconteceu entre os dias 26 a 29 de agosto na capital da Bahia. Na segunda edição, o evento foi renomeado para Congresso Brasileiro de Internet das Coisas e RFID e aconteceu em Búzios em outubro de 2011, porém seu foco ainda foi empresarial em debates e industrial nas aplicações que foram apresentadas nos estandes (*POSTSCAPES*, 2019).

No Brasil, além desse congresso, o ano de 2010 foi marcado pela implantação do Centro de Operações do Rio, um quartel general da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro que atua com tecnologia de cidades inteligentes da IBM (*POSTSCAPES*, 2019).

Ainda no ano de 2010, o número de objetos conectados à Internet já era superior ao número de pessoas na Terra segundo cálculos da *Cisco IBSG* no *White paper* de *Evans* (2011, p.3):

O crescimento explosivo de smartphones e tablets elevou o número de dispositivos conectados à Internet para 12,5 bilhões em 2010, enquanto a população humana mundial aumentou para 6,8 bilhões, tornando o número de dispositivos conectados por pessoa mais de 1 (1,84 para ser exato), pela primeira vez na história.

A propagação de novas tecnologias deu início a debates sobre a criação de padrões internacionais que possibilitem de fato a existência de uma rede independente de objetos conectados. “O ITU das Nações Unidas vem desde 2011, concentrando especialistas para o estabelecimento de padrões globais” (ITU, 2011).

O ano de 2011 também foi o marco do lançamento público do IPv6 novo protocolo de rede que permite 2¹²⁸ endereços (aproximadamente 340 undecilhões ou 340.282.366.463.463.374.607.431.768.211.456) ou como *Dikawar Tundlam* colocou: “poderíamos atribuir um endereço IPv6 para cada átomo na superfície da Terra e ainda ter

endereços suficientes para fazer isso em 100 outras Terras” (DIAZ, Lázaro, 2018, p. 217).

O *Gartner* lançou no simpósio de 2011 a lista das 10 principais tecnologias estratégicas de 2012. Eles definem uma tecnologia estratégica como aquela com potencial de impacto significativo para empresa durante os próximos três anos. “A IoT aparece listada com o número 4 nessa lista” (POSTSCAPES, 2019).

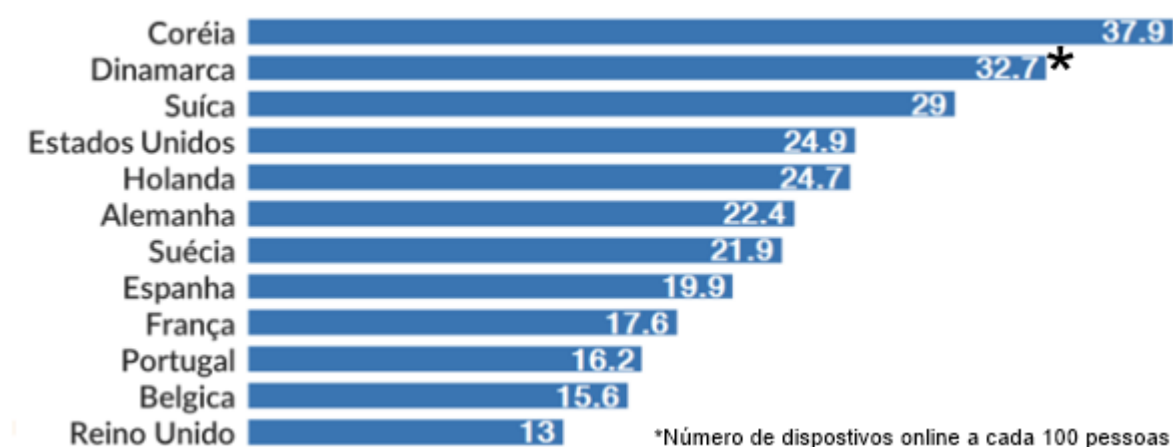
A IoT é um conceito que descreve como a Internet vai se expandir na mesma proporção que os sensores e inteligência forem adicionados a itens físicos, como dispositivos residenciais.

Recentemente, a UE propôs uma “consulta pública” (EUROPEAN COMISSION, 2015) a fim de que as pessoas apresentassem suas necessidades e inseguranças sobre a IoT. Nos dias 16 e 17 de julho do ano de 2012, Londres foi sede da “1st Open IoT Assembly” (INTERNET SOCIETY, 05/2018). Durante dois dias de debates, as pessoas tiveram a oportunidade de colaborar para a elaboração de um documento com fundamentos de transparência e bom uso das informações na IoT.

2.4. Países que mais usam a IoT

A IoT tem se popularizado a cada dia mais sendo aplicada em quase todos os dispositivos residenciais desde que esses possuam um *link* com a rede, contudo essa tecnologia aparenta ser mais popularmente difundida em outros países do que nos EUA. “Coreanos, dinamarqueses e suíços têm mais dispositivos conectados à internet” (KAR, Ian, 2016.) é o que informam os dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e da ferramenta de busca *Shodan*.

Figura 3- Países com mais dispositivos conectados a sistemas com IoT



Fonte: Quartz, 2016

A IoT ainda está se iniciando em forma de sistema, mesmo assim as empresas de tecnologia estão investindo e criando tecnologias, novos dispositivos, softwares e sistemas em IoT. Em janeiro do ano de 2014, o *Google* comprou os direitos da empresa *Nest*, que é uma fabricante de termostatos e detectores de incêndio inteligentes, por US\$ 3,2 bilhões. A *Amazon* lançou um alto-falante controlado por voz, o *Amazon Echo*, em novembro de 2014 e desde então este dispositivo tem se tornado popular (KAR, Ian, 2016).

A *Apple* lançou uma nova versão da *Apple TV* durante o verão para tornar mais digital à sala de estar, com integração da *Siri*. Mesmo assim, a IoT ainda não tem a popularidade que deveria, pois mudar o comportamento é difícil e ainda existem muitos problemas técnicos nas áreas de segurança que fazem com que estes dispositivos conectados a sistemas baseados em IoT não sejam tão atraentes a população em geral. Contudo, a OCDE informa que os dispositivos conectados a sistemas que usam IoT podem ajudar os governos a tornar suas operações mais eficientes e melhorar o monitoramento dos meios de transporte, saúde e energia (KAR, Ian, 2016).

2.5. Principais Aplicações da IoT

Em seu artigo para a *IEEE Talks IoT Rosseti (2015)*, *Victor Larios* ressalta que “as cidades são os centros de inovação e as pessoas que vivem nelas querem estar conectadas. A maior parte das culturas ao redor do mundo estão em um ponto onde elas não podem viver sem a Internet.” Não apenas as pessoas, agora uma grande quantidade de coisas estão conectadas à Internet; e uma rede deste tipo de coisas conectadas demonstra os motivos pelos quais as cidades inteligentes devem surgir.

A IoT acabou se transformando o centro nervoso dando vida às cidades inteligentes e abrindo uma gama de ideias inovadoras. Uma aplicação acerca das cidades inteligentes citada por *Zanella (2014)* seria na coleta seletiva de resíduos, de acordo com ele, a aplicação de recipientes de resíduos inteligentes capazes de detectar o nível de carga poderá permitir uma melhoria do trajeto dos caminhões coletores, o que por sua vez reduzirá os custos ao recolher os resíduos melhorando assim a qualidade da reciclagem.

Para a efetivação desse serviço de gestão inteligente de resíduos a IoT deve interligar os dispositivos finais, ou seja, os recipientes de resíduos inteligentes, a um centro de controle, onde um programa de aperfeiçoamento processa os dados obtidos e determina a gestão adequada da coleta a ser realizada pela frota de caminhões (ZANELLA, 2014).

Outra aplicação da IoT, de acordo com *Sannapureddy (2015)*, está na constatação da poluição e de desastres naturais. O uso da IoT tornará possível o monitoramento das emissões

de fábricas e veículos de forma a minimizar a poluição do ar, permitindo assim que se tenha um acompanhamento de como se dá a liberação de produtos químicos, resíduos tóxicos nos mares e rios, prevenindo dessa forma a poluição da água. É possível ainda, enviar alertas de terremotos e tsunamis por meio da detecção de tremores bem como manter o nível da água de rios e represas sob alerta em caso de inundações.

Liu et al. (2015) alegam que a IoT tem um grande potencial para melhorar a qualidade e segurança dos produtos agrícolas, dando monitoramento constante por meio do plantio e colheita para os produtores, dando maior transparência as etapas de produção com todas as vantagens resultantes que se consegue devido a esse controle mais preciso.

Segundo *Bassi et al.* (2013), na área de logística de transporte a IoT melhora não apenas os sistemas de fluxo de materiais, como também o posicionamento global e identificação automática de produtos. Aumenta até então a eficiência energética e, dessa maneira, diminui o desperdício de energia. A IoT pode ainda mudar profundamente a cadeia global de suprimentos por meio da movimentação de carga inteligente. Este objetivo será alcançado por meio da sincronização constante de informações da cadeia em tempo real. Isso tornará a cadeia mais confiável, controlável e transparente, permitindo dessa forma uma intercomunicação entre os sistemas inteligentes de controle de carga/produtos com as pessoas.

Bassi et al. (2013) diz que em uma cadeia de abastecimento global, as empresas poderão rastrear todos os seus produtos através do RFID. Dessa maneira, as empresas vão cortar gastos operacionais e melhorando assim sua produção devido a uma maior integração com o planejamento de recursos empresariais e outros sistemas. A manutenção das máquinas também ficará mais fácil com o uso de sensores conectados, possibilitando ao usuário o monitoramento em tempo real da performance do maquinário das fábricas.

No setor da saúde também existem aplicações como, por exemplo: alguns pacientes paralisados necessitam usar fraldas quando estão em seus leitos. Fazendo o uso de sensores de umidade os enfermeiros e cuidadores estarão sempre sabendo quando será necessário realizar a troca da fralda. O sinal detectado será enviado para um leitor que faz uso de RFID (DOMINGO, 2012).

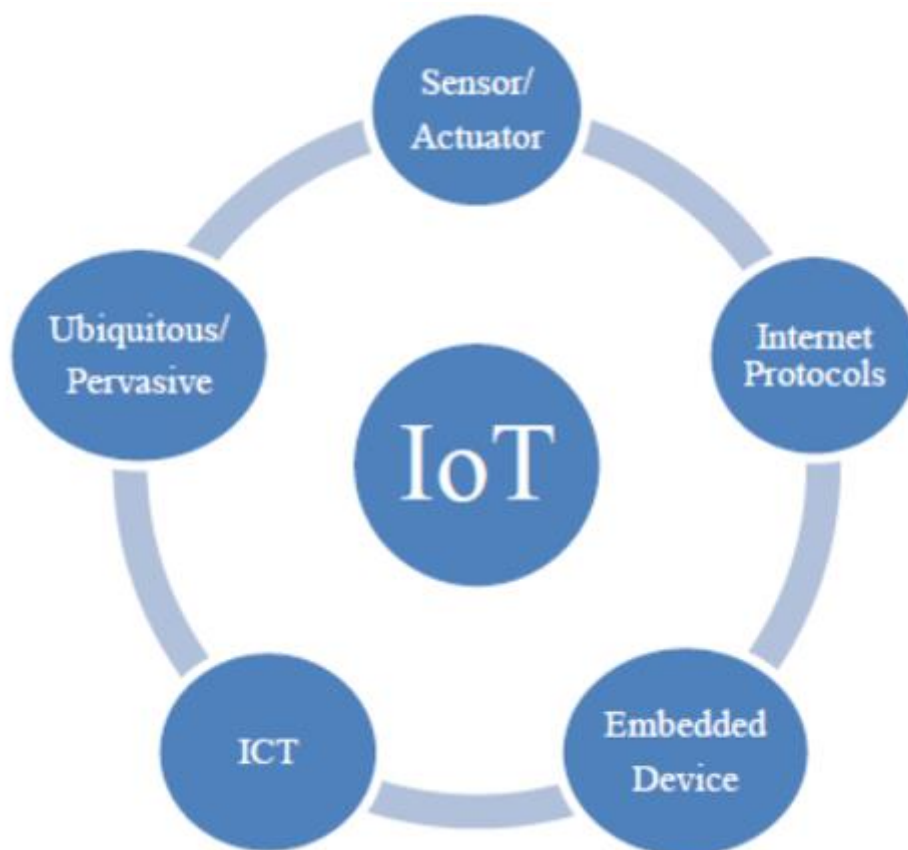
De acordo com *Ashton (ASTHON, 2009)*, é possível acumular os dados de movimentação do corpo humano com maior precisão que antigamente. Com esses dados, é possível aperfeiçoar, economizar e reduzir os recursos energéticos e naturais, por exemplo. Para este autor, essa inovação será superior do que o próprio desenvolvimento do mundo online.

3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

3.1. IoT – Arquitetura

De acordo com *Pandikumar et al.* (2014), a arquitetura da IoT é uma união de muitas tecnologias, dentre elas: *Ubiquitous* – computação oblíqua que defende a criação de numerosos sistemas distribuídos que contribuem na modificação dos espaços físicos em lugares onde há uma computação ativa e inteligente –, Tecnologias de Comunicação e Informação (TCI) e sistemas embarcados, conforme representa a figura abaixo:

Figura 4 - Arquitetura da IoT



Fonte: *Pandikumar et al.* (2014)

Os sistemas embarcados, sensores/atuidores são os componentes físicos da arquitetura da IoT que comunicam-se de forma direta com os usuários, estes, por sua vez, fazem o uso desses equipamentos para modificar a rede. *Pandikumar et al.* (2014) afirmam que de acordo com a arquitetura da IoT os dispositivos são ainda divididos em três unidades distintas, sendo elas:

- I. Coisas Orientadas: São vistas como as coisas inteligentes que simbolizam os sensores e atuadores que por sua vez respondem a estímulos do ambiente em que se encontram de forma lógica.
- II. Semântica Orientada: *Aggarwal* (2013) estabelece que a semântica orientada expõe questões sobre a gestão de dados que surgem na esfera da grande quantidade de informações que são geradas e trocadas pelos objetos inteligentes, bem como os meios possíveis através da *interface* da *web*.
- III. Internet Orientada: caracterizada pela Internet e suas tecnologias e funciona como um *Middleware* – uma camada de software ou um conjunto de subcamadas entre os níveis tecnológicos e a aplicação – entre o usuário e as coisas inteligentes e devido a isso é chamado de “*middleware* inteligente”. Este *middleware* inteligente proporciona a concepção de um mapa dinâmico do mundo real (físico) dentro do espaço (virtual) empregando uma solução temporal e espacial conectando dessa forma as particularidades da rede de sensores *ubiquitous* dentre outras. *Aggarwal* (2013) cita a internet orientada como “a construção dos protocolos IP para permitir que objetos inteligentes sejam conectados à Internet”.

3.2. IoT – Hardware

Os custos de Hardware têm diminuído drasticamente com o passar dos tempos, isso faz com que a computação móvel se torne mais acessível, projetos que suportam dispositivos de hardware modulares acessíveis como *Waspote*, *Fritizing*, *RaspberryPI*, *Wiring* e *Arduíno* são de fácil acesso e programação, são chamados também de *Free and Open Source Software* (FOSS), ou em português programas livres e de código aberto.

A evolução das redes wireless tem sido conduzida pelo aumento da demanda por conexões universais, como demonstra o crescimento do tráfego de dados móveis em dez mil vezes e um aumento de cem vezes do número de dispositivos com capacidade de conexão à rede é o que afirma *Kotsev et al.* (2015). Tendo em vista o atendimento dessa demanda será necessário unir as redes existentes com os sistemas emergentes, a saber: *wi-fi*, redes de comunicação de celulares (como por exemplo, a *Long Term Evolution* – LTE) e ainda a criação de novas tecnologias para atender as necessidades quanto às exigências da qualidade de serviço. O Quadro 1 nos dá uma noção geral das características dos principais *Hardware*s disponíveis para IoT:

Quadro 1 – *Hardware*s usados na IoT

<i>Hardware</i>	Descrição
<i>Waspote</i>	É uma plataforma criada especificamente para a IoT. Seu objetivo está ligado a construção de nós de sensores com baixo consumo de energia, podem trabalhar independentes por um longo tempo (cinco anos). Faz uso do mesmo ambiente de desenvolvimento do <i>Arduíno</i> dessa forma um código de nó criado para o <i>Arduíno</i> pode ser usado nesse dispositivo com poucos ou até mesmo nenhum ajuste. Atualmente existem mais de 60 tipos diferentes de sensores que podem ser conectados ao <i>Waspote</i> .
<i>Fritzing</i>	O endereço <i>web</i> da plataforma já deixa tudo claro, fritzing.org/home/ , é uma plataforma de <i>hardware</i> de código aberto que executa acessos eletrônicos dando meios criativos para as pessoas. Disponibiliza ferramentas de programas que por sua vez possibilita aos usuários catalogar suas criações, compartilhar, ensinar eletrônica em uma sala de aula e fabricar <i>layout</i> e <i>PCB</i> (<i>Printed Circuit Board</i>) ou em português Placa de Circuito Impresso de forma profissional.
<i>RaspberryPI</i>	É um PC que consome pouca energia sendo do tamanho de um cartão de crédito custando menos de 25 euros. Esse invento é distribuído pela <i>Linux</i> e suas especificações refutam a noção que se tem de que os <i>SO</i> (sistemas operacionais) para redes <i>wireless</i> são muito diferentes dos existentes para <i>PCs desktop/laptop</i> .

Quadro 1 (cont.) – *Hardware*s usados na IoT

<i>Hardware</i>	Descrição
<i>Wiring</i>	De acordo com o site do fabricante <i>wiring.org.co</i> , fornece um quadro para programação em código aberto para microcontroladores. Possibilita aos usuários a criação de códigos em multiplataformas de programas controlando dessa forma os dispositivos conectados a um vasto conjunto de placas de microcontroladores criando diversos espaços, experiências físicas, objetos interativos e tipos de codificação.
<i>Arduíno</i>	É uma plataforma de criação de protótipos eletrônicos de código aberto com componentes que possibilitam a extensão de suas funções visando monitorar o ambiente por parâmetros, dentre eles: temperatura, ruído, qualidade do ar e iluminação. As placas do <i>Arduíno</i> podem ser conectadas a um <i>RaspberryPI</i> por meio de uma ponte de ligação de <i>Shields</i> (placas que aumentam a capacidade do <i>Arduíno</i>). Essa conexão possibilita ao usuário o uso de qualquer um dos módulos, <i>shields</i> e placas criados para <i>Arduíno</i> em <i>RaspberryPI</i> .

Fonte: Kotsev et al (2015)

3.3. IoT – Mobilidade

A flexibilidade no campo da IoT tem sido tamanha nos últimos tempos que hoje em dia um smartphone pode conectar-se a uma rede wireless de alguma empresa e em um instante seguinte ao sair da empresa trocar de conexão para a rede móvel 3G/4G da operadora de telefonia tudo isso de forma natural. Entretanto essa troca de redes traz à tona o incômodo quanto à mudança de endereço de IP (*internet protocol address*) do dispositivo móvel, isso gera

alguns problemas na conexão, como quedas e até mesmo queda da conexão. “Com o uso do protocolo *IPv6* isso acontecerá de forma diferente, pois o equipamento mudará de rede preservando o endereço que está utilizando, evitando assim que haja queda nas conexões” (OLONCA, 2014).

Segundo o *IPv6* do *PoP-BA* (2006), para evitar essas quedas de conexão é empregado um recurso que consiste no fato de todo host móvel possuir um endereço fixo em sua rede local, também chamado de *home address*. Realizando uma autoconfiguração em uma rede qualquer esse host móvel envia uma mensagem à rede local informando seu novo endereço na rede a qual está “visitando”. Dessa maneira, todos os pacotes de dados destinados ao seu endereço original serão roteados para o seu endereço de visitante, permitindo deste modo uma recepção de pacotes de dados de forma mais clara.

O protocolo que possibilita essa flexibilidade é o *Mobile IPv6* (MIPv6) firmado pela *RFC 2002*, e que, de acordo com Perkins (2002): “foi criado como um subconjunto do *IPv6* para servir de suporte a conexões móveis.” O MIPv6 torna mais fácil o movimento do nó dentro da rede – do tipo *Ethernet* – para outra do mesmo tipo bem como o movimento de uma rede de uma célula de *Wireless LAN* para uma rede *Ethernet*.

3.4. IoT – Protocolos

Como parte da *Internet* uma das necessidades fundamentais é a organização da integração entre os agentes da rede, que necessitará fornecer a compreensão e a conexão proporcionando assim a interoperabilidade. Para atingir essa meta, alguns protocolos estão sendo apresentados para possibilitar uma conexão robusta, eficiente e contínua, são eles:

I. 6LoWPAN (6 Low-Power Wireless Personal Area Networks)

É um tipo de rede de comunicação simples que proporciona conexões wireless para aplicações com limites de potência e possui restrições de taxas de transmissão, integra dispositivos que trabalham conectados objetivando a junção dos ambientes físicos a algumas aplicações do mundo real, como a rede de sensores, por exemplo (MONTENEGRO et al. 2007).

A interconexão desses dispositivos pode ser realizada através de redes pessoais wireless de baixa potência de acordo com o padrão *IEEE 802.15.4* (2003) e *RFC 4919* (2007) (acrônimo do termo americano para *Request for Comments*, é uma espécie de documento que detalha os padrões de cada protocolo da Internet antes de serem considerados um padrão) (MONTENEGRO et al. 2007).

II. CoAP (*Constrained Application Protocol*)

É um protocolo da web que trabalha sobre o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) e foi criado especificamente para a IoT. É uma variação do protocolo síncrono de maior uso na Internet, o *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)* e foi apropriado para dispositivos dependentes e comunicação *MTM (Machine to Machine, em português máquina a máquina)*. (*CHAVAN et al., 2014*)

III. DTLS (*Datagram Transport Layer Security*)

É um protocolo de segurança completo capaz de realizar a proteção, autenticação e troca de chaves dos dados com o chaveamento de algoritmos de codificação. “Através do uso do *DTLS* consegue-se atingir a proteção e a segurança para a IoT”, é o que afirma *CHAVAN et al. 2014*.

3.5. Automação Residencial – Elementos básicos

De acordo com *Wortmeyer et al. (2005)* a “automação residencial representa o emprego de tecnologias ao ambiente doméstico (incluindo residências, condomínios, hotéis), com o objetivo de propiciar conforto, praticidade, produtividade, economia, eficiência e rentabilidade, com valorização da imagem do empreendimento e de seus usuários”.

Para *Bolzani (2004)*:

“A automação residencial pode ser definida como um conjunto de tecnologias que ajudam na gestão e execução de tarefas domésticas cotidianas. A sua utilização tem como objetivo proporcionar um maior nível de conforto, comodidade e segurança além de um menor e mais racional consumo de energia.”

Há muitos elementos ligados a automação residencial de sensores até complexas centrais de automação, capazes de dar uma experiência ideal para as condições, projetos e exigências dos usuários. Uma residência dificilmente não será considerada automatizada se não possuir os seguintes elementos: Barramentos, Atuadores, Sensores, Interfaces e Controladores,

que serão descritos abaixo.

Os Controladores são responsáveis pelo controle dos dispositivos automatizados – sensores e atuadores – além disso, é capaz de monitorar as informações recebidas pelos sensores, enviando comandos para que um atuador possa ativar ou desativar determinado equipamento (BOLZANI, 2007).

De forma geral, podem existir interfaces autônomas de diversas formas, como controle remoto, por exemplo, podendo até mesmo ser modificadas nas centrais de automação (ALMEIDA, 2009).

Os Sensores são os componentes capazes de monitorar grandezas físicas e eventos, bem como detectar os estímulos do ambiente em que estão inseridos, convertendo esses valores numéricos em dados capazes de serem manipulados por sistemas de computadores. São estes componentes que direcionam as informações coletadas aos controladores sobre qualquer evento, para que estes por sua vez, possam enviar os comandos necessários para a tomada de ação dos atuadores (ALMEIDA, 2009).

Os Atuadores são componentes eletro mecânicos, que recebem os comandos do sistema de automação e ativam outros equipamentos automatizados. São padrões de acionamento ligados entre a rede elétrica e os equipamentos (ALMEIDA, 2009).

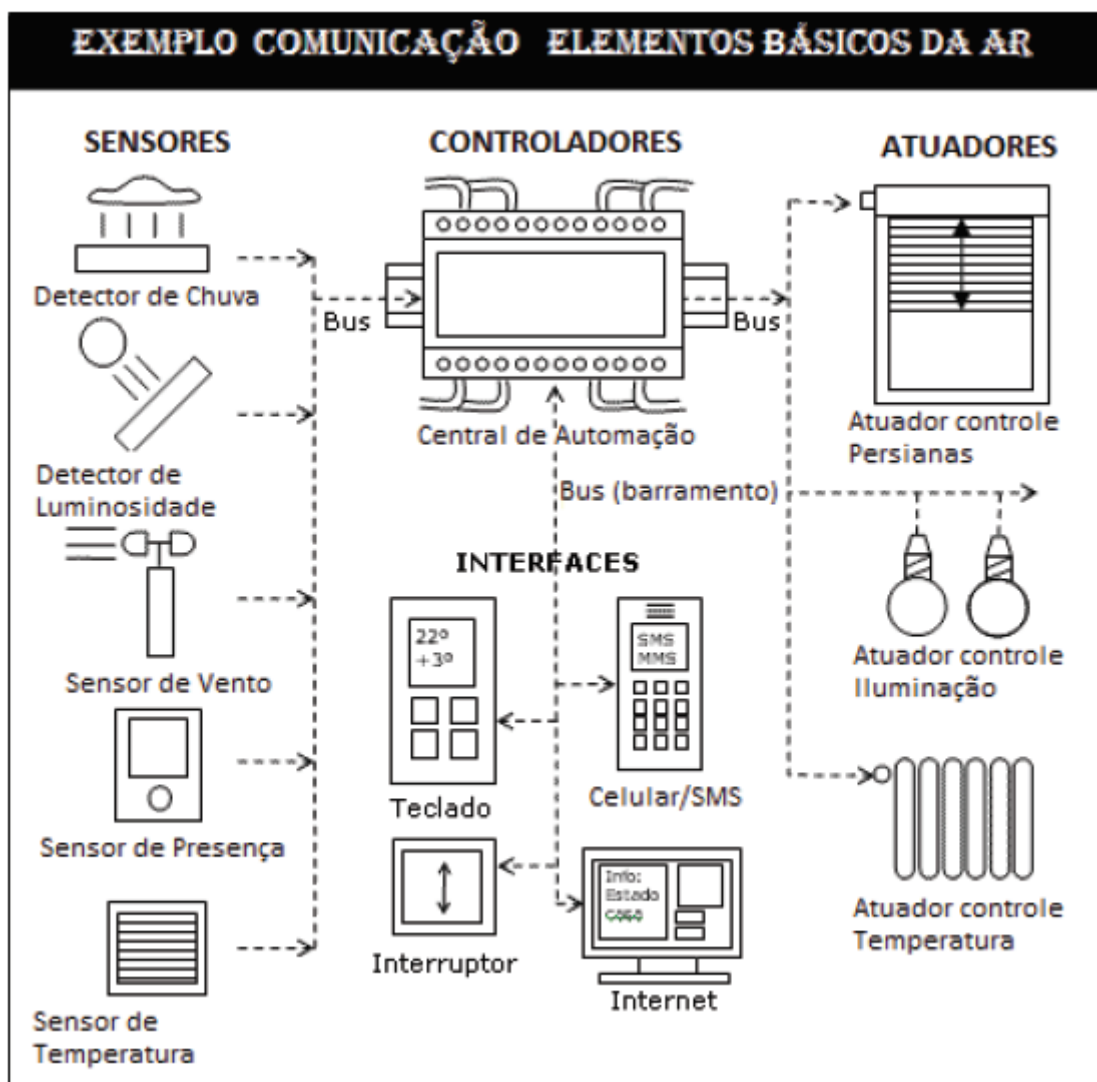
Existem atuadores para janelas, persianas, fechaduras magnéticas, portas, indicadores luminosos, sirenes e etc. O Barramento é o componente físico que é responsável pelo transporte das informações dentro de uma residência (rede elétrica, telefônica, etc.) (CASADOMO, 2010).

As Interfaces são os componentes ou meios (painéis, interruptores, navegadores de celular, controles remotos, etc.) que possibilitam ao usuário a visualização das informações e ter interação com o sistema de automação (CASADOMO, 2010).

A Figura 5 demonstra um exemplo de como os elementos básicos da automação residencial se comunicam. Do lado esquerdo da figura encontram-se os sensores, que transportam as informações sobre algum evento que venha a acontecer, (chuva, vento, etc., por exemplo) aos controladores (centro da figura) e estes acionam os ativadores (à direita na figura) conforme a atividade programada para aquele determinado evento, como por exemplo, abrir a persiana ao amanhecer. As interfaces por sua vez, se conectam aos controladores diretamente

fornecendo ao usuário um meio para visualizar as informações e interagir com o sistema de automação (ALMEIDA, 2009).

Figura 5 - Exemplo de comunicação dos elementos básicos na Automação Residencial



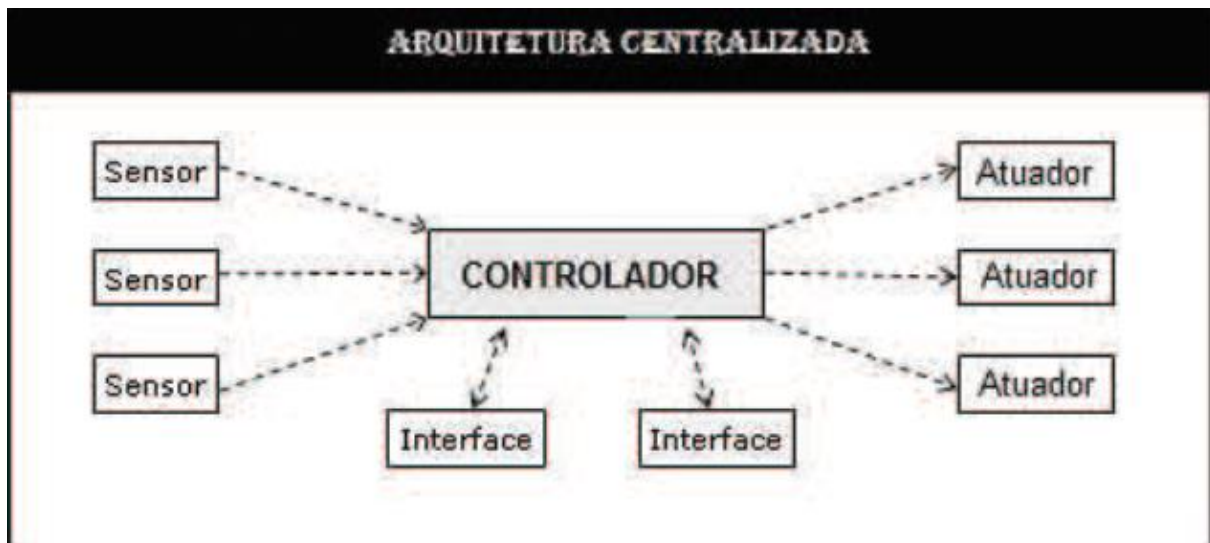
Fonte: CASADOMO, 2010.

3.6. Automação Residencial – Arquitetura

A Arquitetura da Automação Residencial está associada com o método com que os seus elementos básicos se comunicam. As arquiteturas mais empregadas são as Centralizada e a Descentralizada (ALMEIDA, 2009).

Em sistemas de Automação Residencial com o tipo de Arquitetura Centralizada, demonstrado pela Figura 6 abaixo, todos os componentes respondem a um equipamento central, que deve ser equipado com desempenho e inteligência suficiente de forma a tratar as informações dos sensores e enviar os comandos necessários aos atuadores (ALMEIDA, 2009).

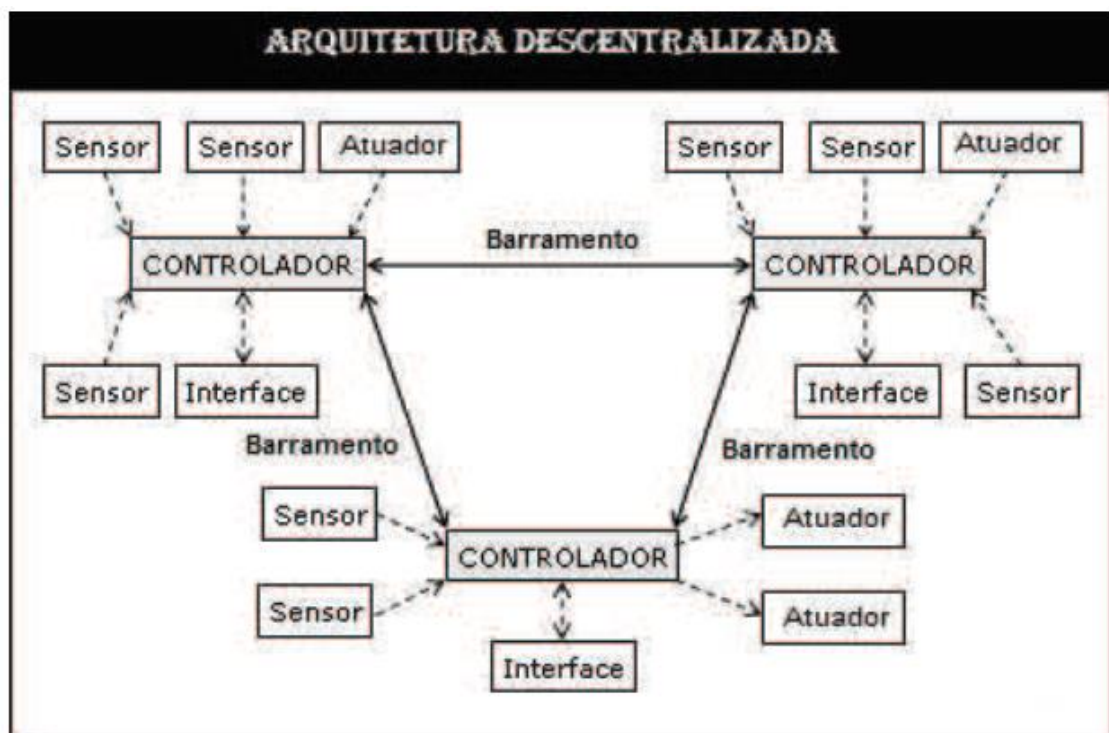
Figura 6 - Exemplo de um sistema de Automação Residencial com Arquitetura Centralizada



Fonte: CASADOMO, 2010.

Em sistemas de Automação Residencial com tipo de Arquitetura Descentralizada pode haver controladores que, quando conectados por um barramento, dividem a administração dos atuadores, sensores e interfaces ligadas aos controladores, conforme mostra a Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Exemplo de um sistema de Automação Residencial com Arquitetura Descentralizada

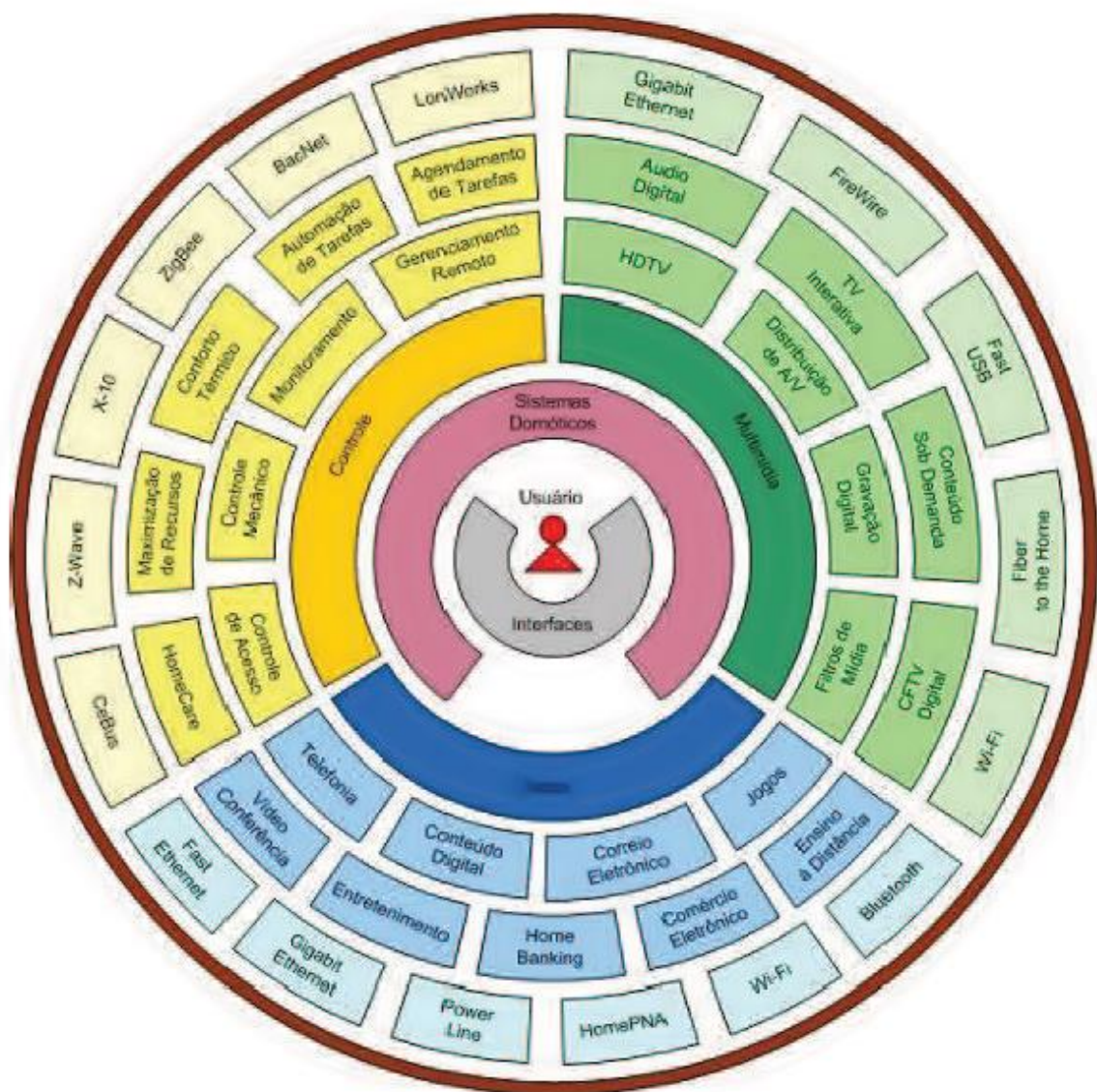


Fonte: CASADOMO, 2010.

3.7. Automação Residencial – Setores

Dentro da Automação Residencial as atividades são divididas em três grandes setores conforme ilustra a figura abaixo: Setor de Controle, Setor de Dados e Setor de Multimídia conforme mostra a Figura 8 a seguir.

Figura 8 -Divisão dos Setores da Automação Residencial



Fonte: BOLZANI, 2007.

3.7.1. Setor de Controle

Este setor está completamente ligado ao conceito da Automação Residencial, tendo como suas principais atribuições monitoramento, controle e automação. Esse setor tem numerosas aplicações dentre elas destacam-se: centrais de automação, controle de iluminação,

portas e cortinas automatizadas, controle de temperatura, controle de intrusão, economia de energia, controle de acesso, monitoramento e controle de consumo e controle de eletrodomésticos.

O Controle de Iluminação pode ser visto como o ponto inicial no processo de automação com o lançamento dos dispositivos *X-10*, uma vez que permite o controle total da iluminação de uma residência. Esse controle pode ser obtido por meio de controle remoto, computadores, interruptores e até mesmo através do celular. A Economia de Energia é outro ponto a ser levado em consideração, a iluminação não precisa ser utilizada o tempo todo em sua intensidade máxima.

Com o auxílio de sensores de luminosidade e presença, é possível controlar a intensidade da luz em determinado ambiente, podendo também configurar as luzes para ficarem ligadas em determinada hora do dia, estação do ano e etc. Já existem no mercado componentes *wireless* para controle de iluminação, sendo bastante utilizados em *Retrofitting* (readequação) (BOLZANI, 2004).

O Controle de Temperatura – *HVAC* (*Heating, Ventilating and Air Conditioning* – Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado em português), torna possível o controle de vários modelos de ar-condicionado existentes no mercado, desde equipamentos mais simples até mesmo grandes centrais. O controle desses equipamentos pode ser realizado por meio de controles remotos, sendo esta uma solução não automatizada, ou com alguma das soluções automatizada que melhor atenda o projeto em questão, existem alguns modelos de dispositivos que possibilitam o controle via *gateways*, que são componentes que tornam possível que diferentes equipamentos consigam se comunicar, ou ainda é possível fazer o uso de equipamentos liga-desliga, como o *X-10*, por exemplo, para regular a automação dos sistemas de *HVAC* (BOLZANI, 2004).

O consumo de energia é um dos benefícios em se automatizar sistemas de *HVAC*, pois dessa maneira o equipamento pode ser programado para, trabalhar em conjunto com sensores de temperatura, ser ligado ou desligado ao atingir temperaturas projetadas, melhorando assim a gestão energética dos ambientes. Em se tratando de Controle de Acesso um dos pontos que mais toma destaque é a biometria.

Com o uso de dispositivos biométricos pode-se definir quem terá a permissão adequada para acessar uma determinada área e em que período, exemplificando: um auxiliar só teria acesso à residência no momento determinado para fazer suas atividades, podendo ainda limitar o acesso aos demais cômodos que não sejam julgados necessários o acesso. Outro recurso bem

útil é usar a configuração biométrica para enviar sinais de alerta em situações emergenciais, por exemplo, toda vez que determinado dedo for colocado no leitor biométrico o sistema de segurança entendendo se tratar de uma situação de emergência enviará um alerta para um amigo, parente, equipe de segurança, entre outros.

O Controle de Eletrodomésticos possibilita que todos os eletrodomésticos possam ser controlados. Cafeteiras, micro-ondas, entre outros, podem ser programados para atuar em conjunto com o sistema de Automação Residencial, possibilitando até mesmo o controle via *Internet*, celular, etc. Esse modo de controle ainda é limitado a apenas dois tipos de funções, ligar e desligar, contudo já estão sendo feitos estudos para tornar os eletrodomésticos auto gerenciáveis, exemplificando: com isso em mente é possível imaginar que um forno será capaz de definir de modo automático o tempo e a temperatura necessários para assar um bolo. (GONZALES, 2010).

O Monitoramento e Controle de Consumo – água, gás, energia – é realizado através de programas de gerenciamento associados a sensores e atuadores que possibilitam controle e monitoramento em tempo real, do consumo de água, gás e energia. A visualização de gráficos comparativos dos equipamentos que mais consomem é um recurso possível também auxiliando assim o usuário a fazer uma melhor gestão do consumo (BOLZANI, 2007).

A Aspiração Central recebe a informação de toda a sujeira coletada nos dutos, sendo conectada a central às tomadas de aspiração. Essas tomadas são distribuídas em locais estratégicos dentro da casa, fazendo com que para utiliza-las seja necessário apenas ligar as mangueiras de aspiração a elas. Usualmente as centrais de aspiração são instaladas na área de serviço ou garagem da casa, evitando dessa forma que a sujeira fique circulando dentro da residência, isso traz certos benefícios a residência, como por exemplo, torna o ambiente mais silencioso, não sendo necessário ficar arrastando fios e equipamentos de um lado para o outro da residência como é feito de modo tradicional (BOLZANI, 2007).

A Detecção de Intrusão, Inundação, Vazamento e Incêndio possibilita ao usuário tomar medidas de prevenção elevando o grau de segurança da residência. A seguir encontram-se algumas inseguranças e o que a automação pode fazer para combater e prevenir as mesmas:

- Inundação: a fim de se evitar problemas causados por inundações ou vazamentos é possível adicionar detectores de inundação ao sistema de Automação Residencial. Esses dispositivos são instalados normalmente próximos aos locais onde haja a probabilidade de vazamento, como em pias,

banheiras, máquinas de lavar e etc., podendo ser programados para fechar o registro e enviar uma mensagem ao usuário.

- **Intrusão:** através do uso de sensores de vibração, micro-ondas e até mesmo infravermelho ativo, pode-se detectar intrusões ou evasões de qualquer pessoa dentro de uma determinada área de alcance. Essa solução é bem utilizada para diminuir tentativas de intrusão, como também enviar informações que sirvam de auxílio para as equipes de segurança e investigação de possíveis rotas de fuga, visto que estes dispositivos são capazes de fornecer dados precisos como a posição exata da área invadida.
- **Vazamento de Gás/Incêndio:** com o uso de sensores de temperatura, detectores de fumaça e gás, os dispositivos inteligentes são capazes de determinar se em uma situação existe a possibilidade de incêndio, caso seja positivo, o sistema se encarrega de tomar as precauções que foram definidas em sua programação para esse determinado tipo de evento, como por exemplo, parar o sistema HVAC, cortar energia, abrir portas, janelas, fechar dutos de gás, disparar sirene de emergência e até mesmo enviar mensagem de alerta via linha telefônica ou *internet*, entre outras.

Cortinas e Portas Automatizadas: esse controle de cortinas e portas se dá em conjunto com os demais sistemas, como *HVAC* e iluminação, podendo ser integrados aos ambientes que são espécies de perfis que são criados pelos usuários para determinadas situações, como festejar, assistir filmes, por exemplo. Ao pressionar um comando, toda a configuração pré-estabelecida é carregada, o ar-condicionado liga na temperatura preferida, as portas se fecham para melhor rendimento do ar-condicionado, as cortinas também se fecham tudo isso enquanto o *Home Theater* exibe o filme selecionado (BOLZANI, 2004).

As Centrais de Automação são o cérebro do sistema de automação e sua configuração pode ser feita por meio de um PC, via software. São encarregadas do gerenciamento e controle dos dispositivos do sistema de Automação Residencial a ela conectados e recebe também as informações dos valores de entrada e saída de dados (AURESIDE, 2010).

3.7.2. Setor de Multimídia

O entretenimento é uma das primeiras coisas que pensamos quando se fala em setor de multimídia em sistemas de Automação Residencial possibilitando ao usuário uma experiência mais agradável. Os parágrafos seguintes demonstram algumas considerações

acerca dos recursos que a Automação Residencial oferece para esse setor.

Distribuição de Vídeo: pode ser feita em banda de base, com apenas um canal por cabo, ou em banda modulada, possibilitando vários canais por cabo (BOLZANI, 2004).

A divisão por bandas de base é mais empregada em pequenas distâncias, como por exemplo, para ligar um aparelho de DVD as saídas S-vídeo, HDMI, etc., e a banda modulada é mais utilizada pelas operadoras de TV a cabo. Ainda é possível unir os sinais das câmeras de segurança ao sistema de TV comum, possibilitando que em qualquer TV da residência seja capaz de fornecer as imagens do sistema de CFTV. Para tal é necessária a utilização de moduladores (BOLZANI, 2004).

A Distribuição de Áudio pode acontecer de duas formas, por meio de uma fonte de áudio, como *receivers*, aparelhos reprodutores de DVDs, entre outros, conectados a autofalantes espalhados pela residência que terão a mesma programação, ou seja, a mesma música será tocada em todos os cômodos da residência (BOLZANI, 2004).

Para o caso do uso de centrais multimídias é possível que o usuário possa escutar programas diferentes por meio do uso de um sistema de “multizonas”, no qual cada “zona” tem sua própria seleção de conteúdo e controle de volume. Vídeo sob Demanda (VoD - *Video on Demand*) isso funciona como uma espécie de locadora digital que fornece ao usuário o filme escolhido por meio da *internet*. Esse sistema proporciona ao usuário que ele assista o conteúdo escolhido na hora que quiser e sem necessitar sair de casa. Algumas empresas que fornecem esse serviço no país são Saraiva Digital, *FOX on Demand*, *NetMovies Live* e *Blopix* (CAMARGO, 2010).

Home Theater proporciona a junção de todos os comandos de áudio e vídeo, como DVD, TV, entre outros, de forma prática e simples. Com apenas um comando, o usuário consegue ativar toda a estrutura necessária para seu conforto. É possível ainda a conexão com outros sistemas como cortinas, luzes e etc. (BOLZANI, 2004).

3.7.3. Setor de Dados

O compartilhamento de dados e recursos é cada vez mais natural nas residências. O crescimento do número de informações, dispositivos e serviços faz com que seja necessário o uso de aparelhos cada vez mais potentes, versáteis e transparentes. Dentre as várias aplicações desse setor, destacam-se:

O Compartilhamento do Acesso, com o aumento do uso da internet e a queda nos preços de PCs, é cada vez mais normal que existam nas residências mais equipamentos eletroeletrônicos, como *Smart TV*, *Smartphones*, *PCs*, *Notebooks*, entre outros, com acesso à rede.

A viabilidade de pagar por apenas um acesso e poder distribuir ele dentro da residência faz com que o investimento em dispositivos eletrônicos seja interessante, visto que a internet é empregue também como meio de entrada para o controle remoto de dispositivos autorizados.

O Compartilhamento de Dados e Periféricos é empregue por meio de uma infraestrutura com fio ou *wireless*, com isso várias pessoas podem fazer o uso de uma mesma impressora sem que esteja conectada a apenas um *PC*, por exemplo, criando dessa maneira uma rede doméstica de comunicação.

Um dentre alguns dos benefícios em se ter um sistema de telefonia integrado ao sistema de Automação Residencial é a capacidade de poder realizar a transferência de chamadas para um sistema de gravação de mensagens ou para outros ambientes com acesso às várias linhas da casa por meio de qualquer aparelho de telefone e viva voz.

3.8. Automação Residencial – Protocolos

De acordo com *Tanenbaum* (2003), “um protocolo é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação”. Já para *Bolzani* (2004), protocolo é definido como “um conjunto de padrões de comunicação”. Simplificando, protocolos são regras e conceitos utilizados para que os componentes possam se comunicar.

Dentre os protocolos existentes para a Automação Residencial há os protocolos que foram criados especialmente para a Automação e alguns outros que foram adequados de diferentes setores, sendo alguns open source e outros licenciados.

Os tópicos a seguir descrevem os principais protocolos empregados na Automação Residencial: *CEBus*, *X-10*, *BACNET*, *LONWorks*, *Ethernet*, *HomePNA*, *ZigBee*, *IEEE 802.11* e *Z-Wave*.

3.8.1. CEBus

O *CEBus* (*Consumer Electronics Bus*) é um protocolo potente e complexo. Foi criado em 1984, após isso sofreu muitas evoluções até passar a ser um objeto de normalização (*ANSI/EIA-600*) no ano de 1995. É um protocolo que segue o modelo *OSI* (*Open Systems Interconnection*) contemplando as camadas físicas, lógicas, rede e de aplicação, pois nesse tipo de protocolo não há níveis de transporte, sessão e apresentação. (BOLZANI, 2004).

É um protocolo arrojado, percebe-se isso pelos meios de comunicação que ele suporta: fibra óptica, rede elétrica, rádio frequência, par trançado, infravermelho e cabo coaxial. Em alguns destes meios de comunicação percebe-se a simultaneidade com alguns sinais de voz e

imagem. Para ter acesso ao meio físico utiliza-se a técnica de *CSMA/CD CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Collision Resolution)* (BOLZANI, 2004).

3.8.2. X-10

Esse sistema *X-10 PLC* é o protocolo mais antigo e popular quando se fala em Automação Residencial. Foi criado em 1978 pela empresa escocesa *Pico Eletronics* passando a ser comercializado a partir do ano de 1979. Sua patente foi extinta em 1997, isso fez com que diversas empresas pudessem criar produtos com o uso do *X-10*. (TEZA, 2002).

É um protocolo de comunicação de “via única” (apenas envia dados), faz uso da rede elétrica como meio de comunicação. As informações são moduladas através da rede elétrica ao mesmo tempo em que um dado binário é transmitido, isso acontece sempre que o sinal da senoide da tensão elétrica passa pelo zero. O esquema de endereços desse protocolo proporciona ao usuário que enderece 256 pontos diferentes, estes pontos podem ser configurados por meio de um seletor nos dispositivos receptores. A transmissão é realizada em broadcast e todo o comando é repetido duas vezes. Dessa forma, um comando completo leva 47 ciclos em 60 Hz (*X10*, 2010).

Os componentes baseados no protocolo *X-10* são bastante escassos, sua taxa de transmissão máxima de dados é de 60 *Bps* e suas funções são restritas a ligar e desligar bem como controle de intensidade das luzes. Como na rede elétrica há a possibilidade de oscilações, falta de energia, descargas eletromagnéticas não é recomendado que se use esse protocolo para aplicações que necessitem de maior nível de segurança. (BOLZANI, 2004).

3.8.3. BACNET

BACnet (Building Automation and Control Network) foi divulgada pela *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)* no ano de 1995, foi aprovada como um padrão *ISO 16484-5* no ano de 2003. Trata-se de um protocolo que surgiu com necessidade de uma forma de padrão não proprietário para comunicação na automação. (*BACNET*, 2010).

Dessa forma, esse protocolo não foi criado para concorrer com os já existentes e sim para trabalhar em conjunto, tanto que há um documento que explica suas funcionalidades e está disponível em rede. Esse protocolo suporta protocolos de *modems* (V.32 e V.42, por exemplo), *IEEE 802.3*, que é uma espécie de versão *Standard* do protocolo *Ethernet*, *ARCnet*, *PTP* (Point to Point, ponto a ponto), até mesmo o *Lontalk*, que é uma tecnologia de outra empresa, a *Echelon*. O protocolo *BACnet* é empregado especialmente para o controle de sistemas de

HVAC, para iluminação, alarme de incêndio, elevadores, detecção e segurança (*BACNET*, 2010).

3.8.4. LONWorks

Foi desenvolvido na década de 90 pela empresa *Echelon*, foi padronizada pela *EIA 709.1* no ano de 1995. Trata-se de um sistema heterogêneo, potente e adaptável, fato este que pode ser percebido pela quantidade de mídias que esse protocolo suporta, como por exemplo, cabo *UTP* (*Unshielded Twisted Pair* – em português Par Trançado Não Blindado), cabo de fibra óptica, rádio frequência, energia elétrica e cabo coaxial (*ECHELON*, 2010).

A comunicação entre os dispositivos se dá por meio do protocolo *Lontalk*, que é um protocolo PTP que possui alguns serviços como detecção de erros, autenticação, prioridade e etc. É equipado com um chip, chamado *Neuron*, que atua como o cérebro do sistema. Cada um desses chips tem três processadores de 8 bits cada, memória *on-board* (*RAM*, *ROM* e *EEPROM*) pelo menos 11 pinos de *I/O* além do protocolo *Lontalk* e detectores de erros da memória *EEPROM* e sistema de auto teste (*ECHELON*, 2010).

O sistema completo possibilita ao usuário a coordenação das redes *Lonworks*, o *LNSDDE Server* (*Lonworks Network Service Dynamic Data Exchange Server*), que proporciona a comunicação com o *Windows*, o *Network Operation System*, que é um sistema operacional que serve como base para os itens referidos e que conectam as redes *Lonworks* a *internet* (*ECHELON*, 2010).

Esse protocolo abrange todas as camadas do modelo *OSI* (*Open Systems Interconnection*) e foi criado com finalidade de executar as funções de monitoramento, controle, sensoriais e de identificação. Baseia-se em pacotes e utiliza a *CSMA* (*Carrier Sense Multiple Access*) persistente preditivo com um formato de preferências de forma a garantir o acesso preferencial ao meio para os pacotes com prioridade maior (*ECHELON*, 2010).

3.8.5. Ethernet

Ethernet é uma tecnologia de comunicação em rede local com formato de transmissão dividido, protocolado como padrão *IEEE 802.3* (*TANENBAUM*, 2003). Está em constante desenvolvimento, essa tecnologia possibilita transmissões a taxas que podem chegar até 10 *Gbps*. É largamente empregada em empresas e, ultimamente tem sido empregue em residências.

Os padrões desse protocolo mais conceituados e empregados hoje em dia são *10BaseT*, alcançando velocidades de até 10 *Mbps*; *100BaseTX*, alcançando velocidades de até 100 *Mbps*; *1000BaseT*, alcançando velocidades de até 1000 *Mbps*. Muitos protocolos da Automação

Residencial recorrem a Ethernet como meio de transporte de dados. Algumas empresas desenvolvem adaptadores pois assim conseguem contornar a interoperabilidade desse padrão, facilitando assim a aceitação de seus produtos pelo público. (TANENBAUM, 2003)

3.8.6. HomePNA

O *Home Phonetline Networking Alliance* é um protocolo que faz uso da rede de telefonia para a transmissão de dados a curtas distâncias. Proporciona aos usuários a criação de uma rede doméstica, aproveitando-se da rede telefônica já existente na residência, isso ocorre geralmente em casos onde a passagem dos cabos é impossível ou inviável. (HOME PNA, 2010.)

As principais versões desse protocolo são: 2.0, com taxa de transmissão de 10 *Mbps*; 3.0 com 128 *Mbps*; 3.1 com 320 *Mbps*. Ambas as versões (3.0 e 3.1) possuem suporte a qualidade de serviço, permitem que seja compartilhado o acesso à rede e ainda estão desenvolvidas a ponto de atender o gradativo aumento dos novos serviços de imagem e voz, como por exemplo, *VoIP (Voice Over Internet Protocol)* via cabo de telefone ou cabo coaxial e *IPTV (Internet Protocol Television)*. (HOME PNA, 2010.)

Fazem uso de uma arquitetura de rede distribuída, isso por sua vez dispensa a necessidade do uso de hubs ou concentradores, não há interferências entre as ligações de voz e serviços de acesso via *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)* pois usam frequências diferentes de operação, a distância entre os pontos de conexão pode chegar até 330 metros suportando até 50 *PCs* em rede. (HOME PNA, 2010.)

3.8.7. Zigbee

Esse protocolo foi criado por um grupo de empresas lideradas pela Philips, tem se tornado uma solução para redes wireless de pequeno alcance (*WPANs – Wireless Personal Area Network*) esse tipo de rede tem como características topologia de rede em malha, controle descentralizado, baixo consumo de energia e baixa largura de banda. (BOLZANI, 2004)

Esse protocolo faz uso da rádio frequência para a transmissão de dados, podendo chegar até a 250 *Kbps*, operando na frequência de 2.4 *GHz*, com 16 canais; a 40 *Kbps* operando na frequência de 915 *MHz*, com 10 canais; 20 *Kbps* operando na frequência de 868 *MHz* com 1 canal. O alcance desse protocolo varia de distâncias entre 70 m a 400 m (*indoor/outdoor*) (ZIGBEE, 2010) com suporte a 250 nós por rede.

Quando a rede é instalada é capaz de escolher automaticamente o melhor canal e estabelece comunicação com ele. A rede também é capaz de mudar de canal automaticamente. Para as empresas que desejam fazer o uso desse protocolo em seus produtos devem se associar

a *Zigbee*, mas as organizações de pesquisa possuem meios de acesso livre aos documentos desse protocolo que é distribuído pela *Zigbee Alliance*.

A principal desvantagem desse protocolo é que por ainda ser uma plataforma em desenvolvimento não possui muitos fabricantes credenciados para criar produtos com os *chips Zigbee* e fazer o uso de seu protocolo de comunicação (BOLZANI, 2004).

3.8.8. IEEE 802.11

É conhecida hoje como a rede *Wi-fi*, foi criada no início da década de 90. O avanço dessa tecnologia fez com que houvesse um aumento nos valores da taxa de transferência de dados, isso acabou chamando a atenção de algumas empresas como *CISCO*, *3COM* e *IBM* (BOLZANI, 2004). Os padrões para 802.11 mais empregues são: 802.11a que opera na frequência de 5.1 a 5.8 *GHz* com velocidade de 54 *Mbps*; 802.11b que opera na frequência de 2.4 a 2.485 *GHz* com velocidade de 11 *Mbps*; 802.11g que opera na frequência de 2.4 a 2.485 *GHz* com velocidade de 54 *Mbps*. (KUROSE; ROSS, 2006)

Esses três padrões fazem uso do mesmo protocolo de acesso ao meio o *CSMA/CA* (*Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance*), dividem a mesma estrutura de quadros – a camada de enlace – podendo até mesmo funcionar como em modo de infraestrutura (por meio de pontos de acesso – *APs*) (KUROSE; ROSS, 2006). Há ainda o padrão 802.11n que opera na faixa de frequência de 2.4 e/ou 5 *GHz* com velocidade de até 600 *Mbps*, aprovado pelo *IEEE* podendo dar novos rumos à comunicação wireless.

3.8.9. Z-Wave

Esse protocolo é considerado uma das tendências quando se fala em Automação Residencial, foi criado por uma empresa dinamarquesa chamada *Zensys*. É um protocolo de comunicação de mão dupla, ou seja, tanto envia, quanto recebe dados. Funciona em modo wireless em uma frequência de 908 *MHz*, usando uma largura de banda estreita para enviar os comandos de controle. Seus dispositivos são versáteis, de fácil instalação e econômicos quanto ao consumo de energia, são capazes de suportar até 232 dispositivos em uma topologia de malha a uma distância de até 30 m, o controle do sistema não é centralizado e cada componente *Z-Wave* possui um *chip* com memória e processadores programáveis. (DRITSAS, 2010).

Esse *chip* opera como uma espécie de cérebro tendo a possibilidade de escolher qual é a melhor rota para o envio de dados para os dispositivos. Dessa maneira os comandos são repetidos entre os componentes até chegar em seu destinatário, isso por sua vez aumenta o

alcance da comunicação e do tempo de resposta dos dispositivos de acordo com o tempo de utilização do sistema, visto que quanto mais requisitado maior será a resposta dos dispositivos. Cada *chip* tem seu próprio endereço na rede, isso evita conflitos de endereços (DRITSAS, 2010).

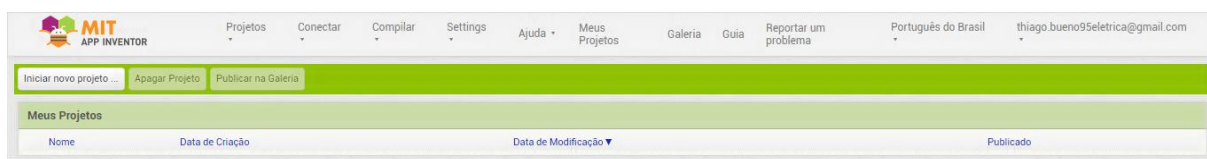
Os dispositivos *Z-Wave* poder ser empregues para controle de irrigação de jardim, bombas de piscinas, equipamentos eletrônicos, controle de iluminação, entre outros. Controles remotos e até mesmo painéis *touch screen* podem ser utilizados como IHM (Interface Homem Máquina) (Z-WAVE, 2010).

4. PROJETO PRÁTICO USANDO ARDUÍNO E IOT EM APLICAÇÃO FOCADA NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

4.1. Desenvolvimento de um aplicativo para *smartphone* com SO *Android* para controle de iluminação de uma residência via *bluetooth* com uso do *arduino*

Para o desenvolvimento de um aplicativo para *smartphone* com SO *Android* fez o uso da plataforma *MIT App Inventor*, disponível em <<http://ai2.appinventor.mit.edu>>. Para poder usar a plataforma é necessário ter uma conta *Google*. Após realizar o *login* em sua conta *Google* temos a seguinte tela, conforme mostrado pela Figura 9.

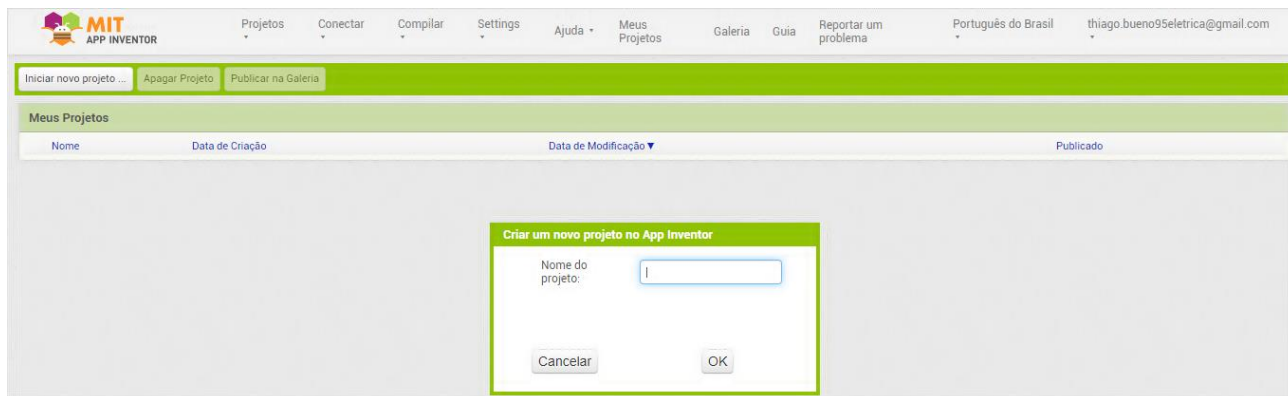
Figura 9 - Tela Principal da plataforma para criação de Aplicativos



Fonte: *MIT App Inventor*, 2019

Na tela principal clicando no *menu* “**Projetos**” em seguida na opção “**Iniciar Novo Projeto...**”, temos a seguinte tela, conforme mostra a Figura 10.

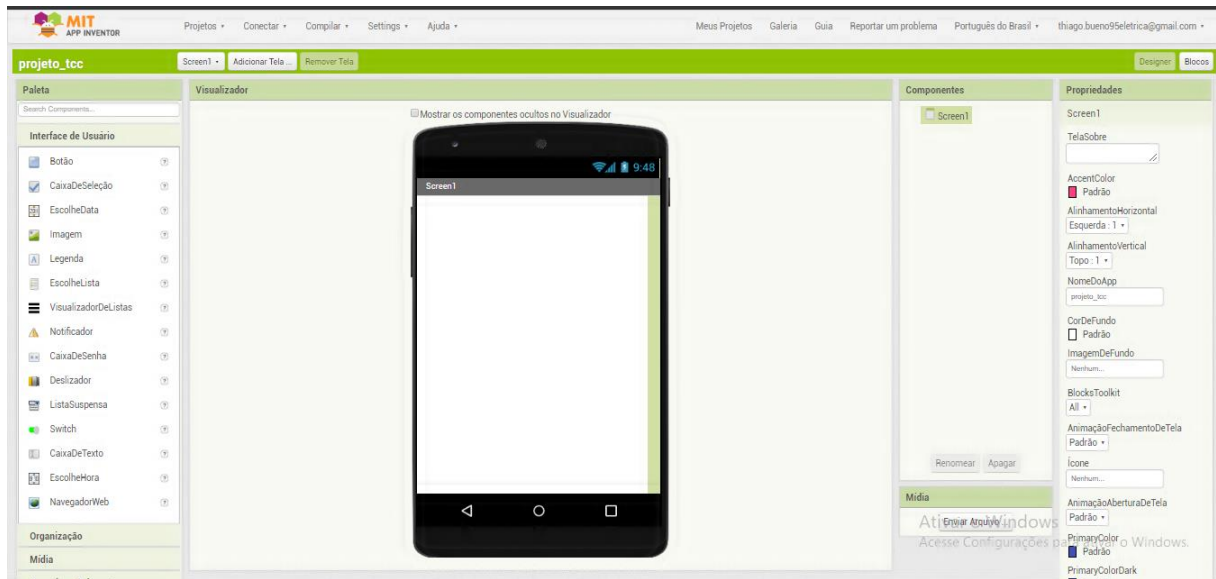
Figura 10 - Definição do Nome do Projeto



Fonte: *MIT App Inventor*, 2019.

Após a definição do nome do projeto, temos a seguinte tela conforme nos mostra a Figura 11 abaixo:

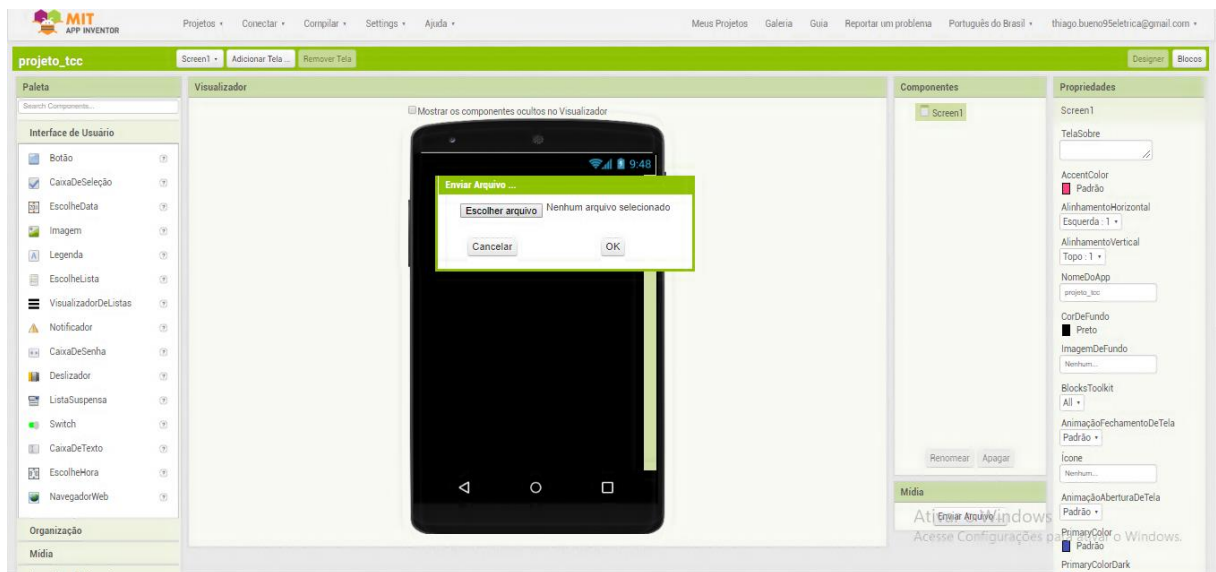
Figura 11 - Tela Inicial para desenvolvimento do aplicativo



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Nessa tela (Figura 11) que se dá o desenvolvimento da parte visual do *app* e da parte de programação. Para criar o *design* do *app* utiliza-se o *menu* esquerdo **Interface de Usuário**, nele encontram-se as funções, botões, itens, que serão adicionados a *Screen 1* (tela do celular) para desenvolvimento do *app*. Por uma questão de estética foi selecionado como cor de fundo da *Screen 1* a cor preta e alinhamento central, em seguida foram adicionadas à plataforma de criação algumas figuras que serão usadas como animação na funcionalidade do *app*, a Figura 12 mostra a caixa de diálogo para o carregamento dessas imagens.

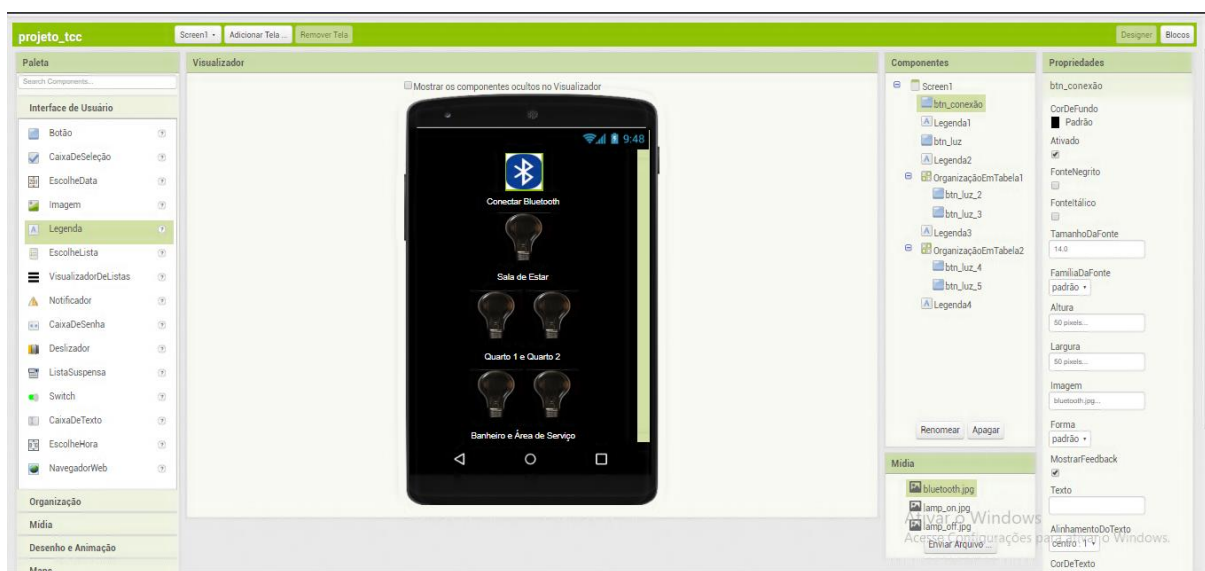
Figura 12 - caixa de diálogo para inserir imagens que serão usadas no *app*



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Após carregar as imagens que serão necessárias para a criação do aplicativo, são adicionados os botões a *Screen 1*, para inserir os botões clica-se no menu “**Interface de Usuário**” e em seguida selecionar o comando “**Botão**”, clicando e arrastando o mesmo para dentro da *Screen 1*, serão adicionados à *Screen 1*, 5 botões com os seguintes nomes: ‘Botão 1’, [...] ‘Botão 5’. Os botões adicionados são renomeados para: ‘btn_conexão’, ‘btn_luz’, ‘btn_luz_2’, ‘btn_luz_3’, ‘btn_luz_4’, ‘btn_luz_5’. Para que os botões sejam representados por figuras, no *menu* esquerdo com o ‘btn_conexão’ selecionado, por exemplo, no *menu* “**Propriedades**” seleciona na função imagem, a imagem ‘*bluetooth.jpg*’. Repete-se os mesmos comandos para os botões de luz, porém para eles utiliza-se a imagem ‘*lamp_off.jpg*’. Para identificar os componentes do *app* insere-se uma legenda abaixo de cada botão identificando sua respectiva função (cômodo que ficará responsável em ligar a luz). Por uma questão de estética e organização da *Screen 1* os botões foram organizados da seguinte maneira: no início da tela temos o botão de conexão do *bluetooth*, logo abaixo dele temos o botão de luz da sala de estar, abaixo deste encontram-se os botões que representam as luzes dos quartos 1 e 2 e abaixo desses encontram-se os botões que representam as luzes do banheiro e área de serviço. A Figura 13 demonstra o que foi explicado aqui.

Figura 13 - *Screen 1* configurada com os botões de funcionalidade

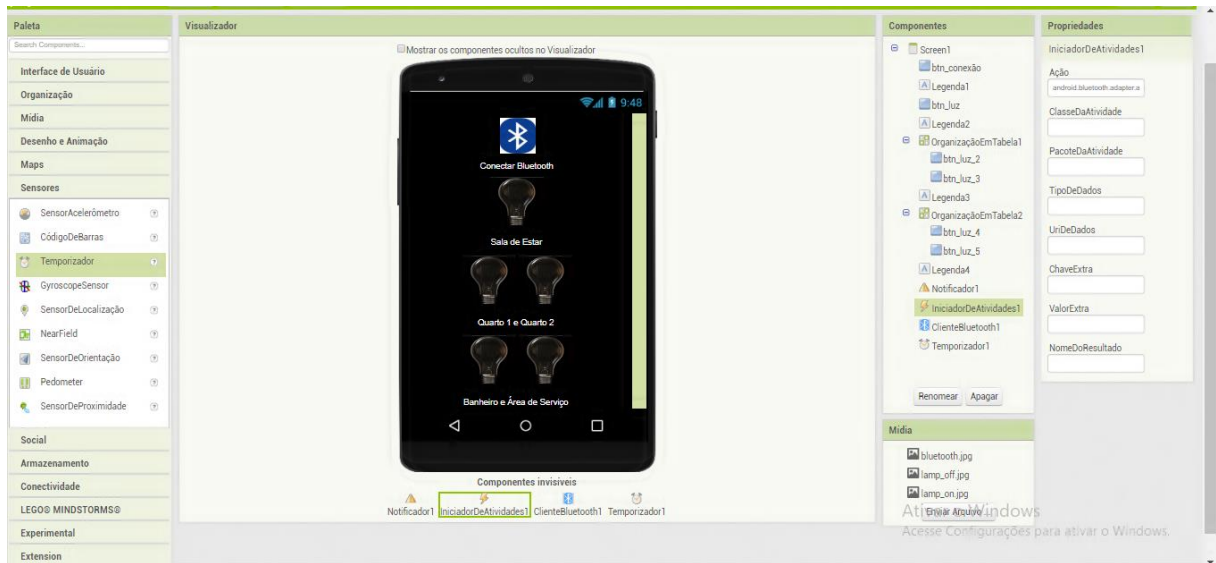


Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Usando *menu* inferior direito “**Conectividade**” arrasta-se as seguintes funções desse *menu* para dentro da *Screen 1*: ‘*IniciadorDeAtividades*’, ‘*ClienteBluetooth*’. No *menu* “**Sensores**”, arrasta-se para a *Screen 1* a função de ‘*Temporizador*’. Já no *menu* “**Interface de Usuário**”, arrasta-se para dentro da *Screen 1* a função ‘*Notificador*’ e ‘*Escolhe Listas*’ deixando

esse oculto da visualização do usuário. Esses componentes serão necessários para a lógica e programação do *app*. Após isso deve-se selecionar dentro da *Screen 1* a função ‘*IniciadorDeAtividades1*’ e no *menu* superior direito dentro do campo ‘Ação’ a seguinte função: ‘*android.bluetooth.adapter.action.REQUEST_ENABLE*’ este comando serve para iniciar a conexão *bluetooth* do *app*. A Figura 14 demonstra isso de forma detalhada.

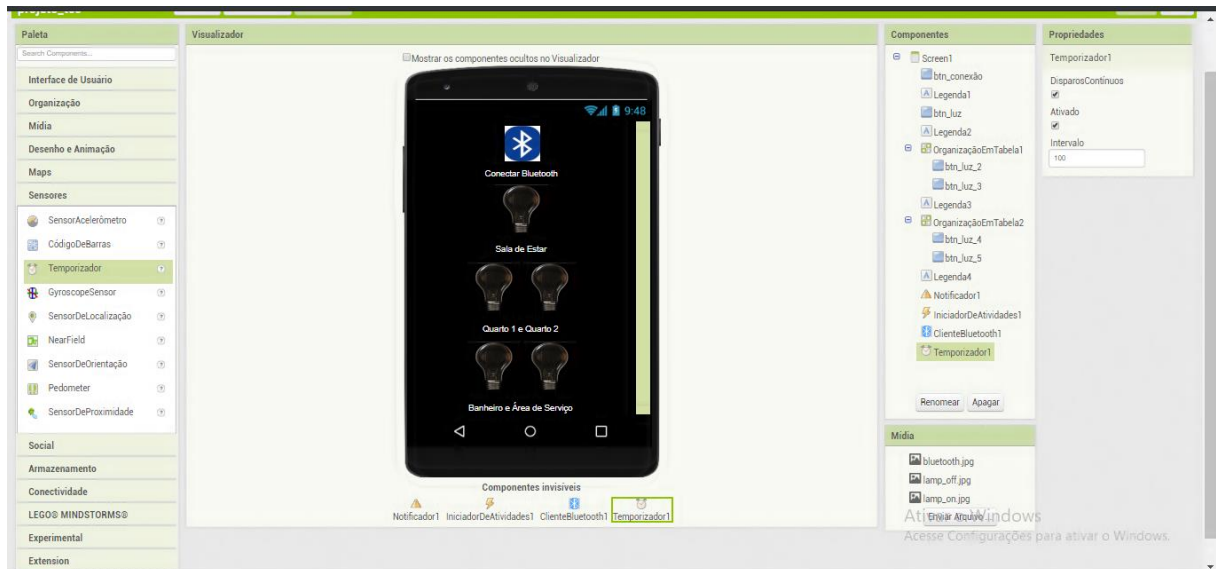
Figura 14 - Configurando a Ação do Iniciador de Atividades



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Em seguida, selecionar a função ‘*Temporizador1*’ e marcar o campo ‘Intervalo’ com o valor 100, isso é necessário pois dessa forma o tempo de espera para início do *Bluetooth* é menor. A Figura 15 apresenta isso em detalhes.

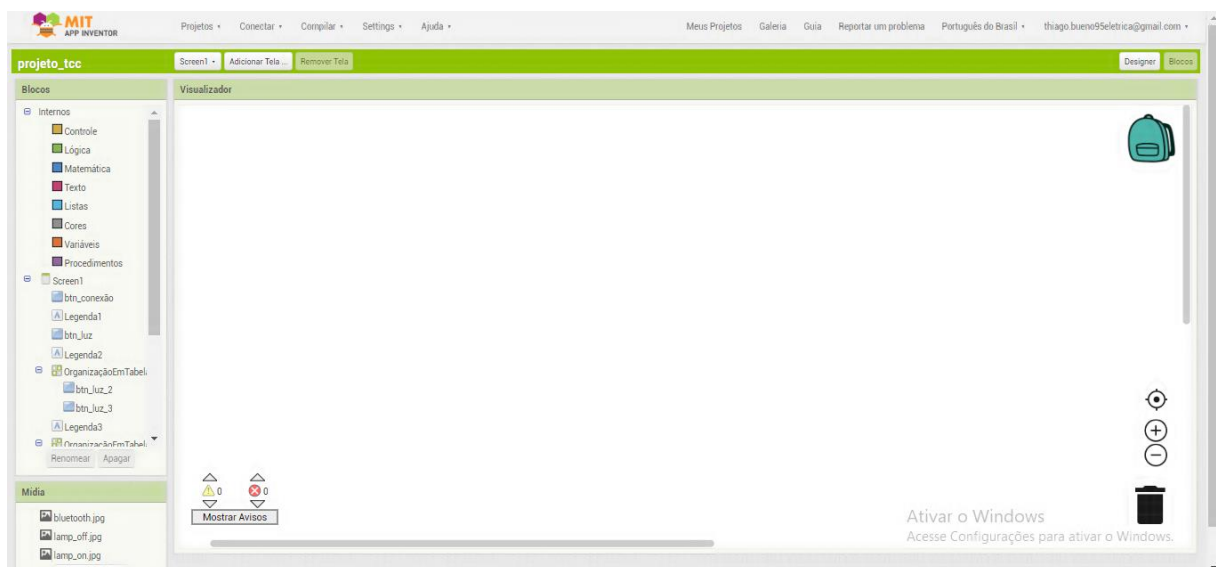
Figura 15 - Configuração do Intervalo do Temporizador



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Tendo criado a parte de *design* do app agora é necessário desenvolver a parte de programação e lógica, para isso é necessário que se use a função “**Blocos**”. A Figura 16 mostra como é essa tela dentro do MIT App Inventor.

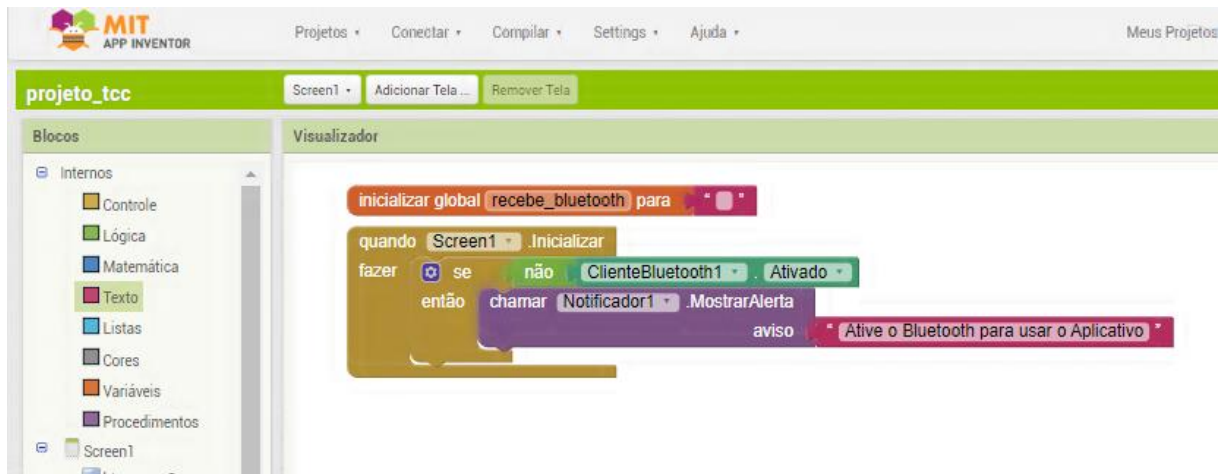
Figura 16 - Programação e Lógica por Blocos



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

O primeiro passo da programação de blocos é declarar a variável, foi usada uma variável de nome 'recebe_bluetooth' em seguida é criada uma condição para que se o *Bluetooth* do dispositivo não estiver ativado aparecer uma mensagem para o usuário pedindo para ativá-lo. A Figura 17 apresenta os blocos referentes a isso.

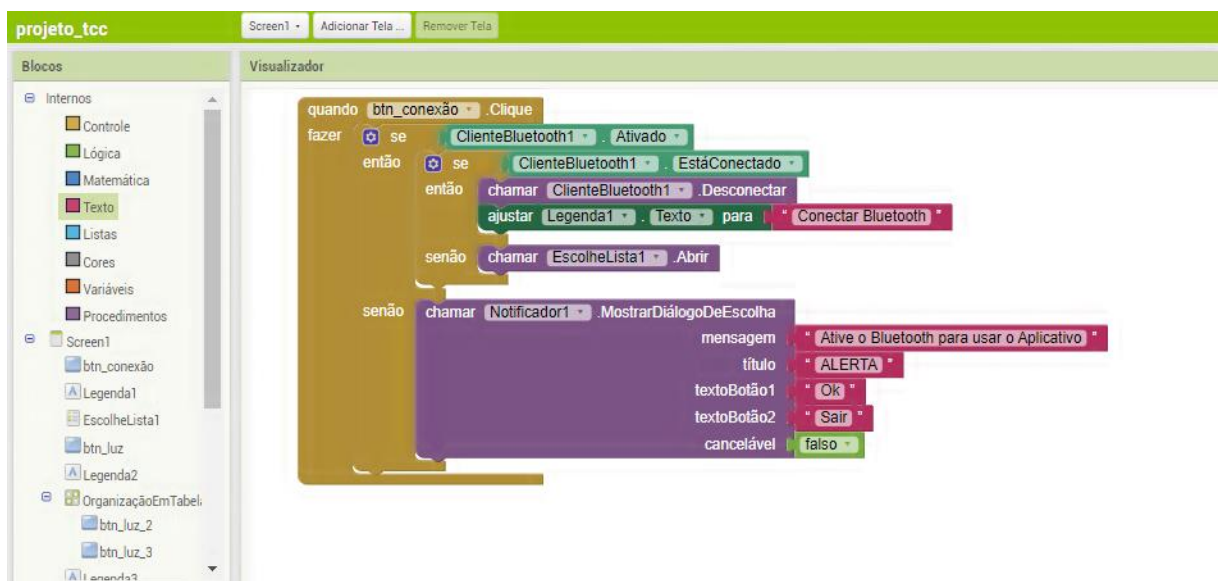
Figura 17 - Início da programação em blocos



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Se o *Bluetooth* do dispositivo já estiver conectado a outro dispositivo será necessário desconectá-lo para conectar ao *app*, para isso foi criada uma lógica que está representada pela Figura 18.

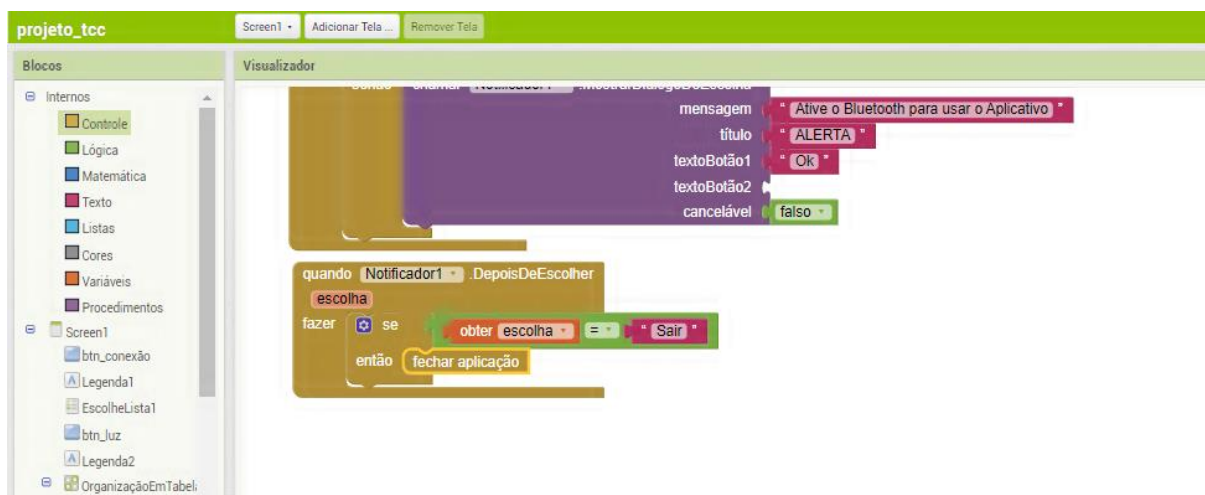
Figura 18 - Desconectando e Conectando o Bluetooth



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Após a escolha do usuário para a conexão ou não do *Bluetooth* o *app* fecha ou continua sendo usado, a Figura 19 apresenta o bloco de tomada de decisão para caso o usuário tenha escolhido a opção ‘sair’.

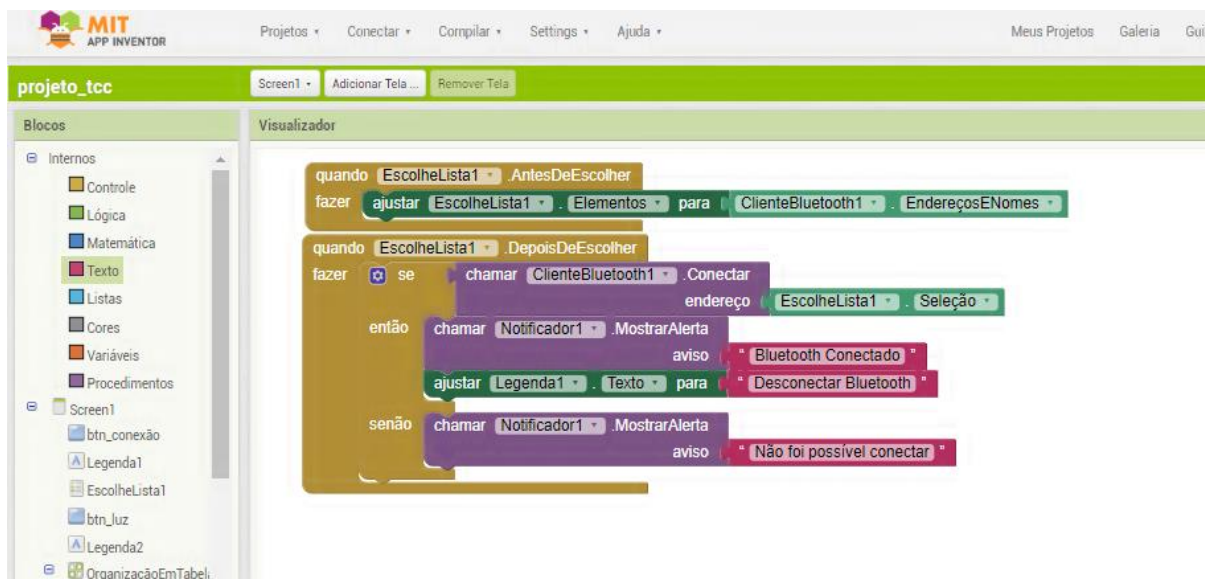
Figura 19 - Bloco de Escolha opção sair



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Em seguida, é necessário criar mais 2 blocos de programação, um bloco apresentando a lista de dispositivos já pareados com o *smartphone* para seleção do usuário e outro bloco de programação para a apresentar a resposta para a conexão do *Bluetooth* do *App*. A Figura 20 demonstra como são esses 2 blocos.

Figura 20 - Blocos de programação para chamada da lista de dispositivos Bluetooth pareados



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

Quando selecionada uma lâmpada do *app* ele verifica se o *Bluetooth* está conectado e se sim envia um sinal para o *Arduíno* para que ele acione o LED. O mesmo bloco de programação nessa parte se repete para cada LED, mudando somente o nome do botão, por exemplo, 'btn_luz' [...] 'btn_luz_5'. A Figura 21 representa o primeiro bloco de programação para acionamento do LED via *app*.

Figura 21 - Bloco de programação para acionamento dos LEDs

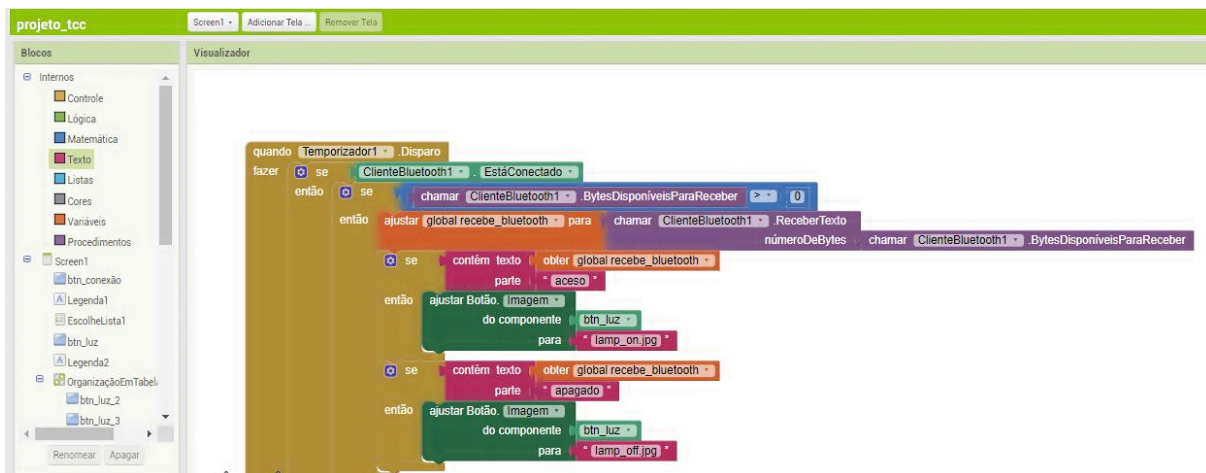


Fonte: MIT App Inventor, 2019.

A próxima etapa de criação do *app* é verificar se o *Bluetooth* está conectado e se está recebendo dados em sua porta serial, se existirem dados na porta serial os mesmos serão armazenados na variável criada e declarada no início do programa 'recebe_bluetooth'.

A conexão com os dados do *Bluetooth* estando de acordo com a informação pré-definida na programação do *Arduíno* a imagem da lâmpada no *app* vai ficar ligada ou apagada dependendo da função desejada pelo usuário, a programação se repete para os diferentes LEDs mudando apenas o nome do seu botão. A Figura 22 demonstra parte dessa programação de bloco.

Figura 22 - Programação de leitura de bytes recebidos pelo Bluetooth



Fonte: MIT App Inventor, 2019.

4.1.1. Programação do Arduino

Para existir conexão entre o *app* no *smartphone* e o protótipo é necessário o uso do *Arduino* com uma programação que satisfaça as condições do *app* de modo a exercer as funções desejadas. A Figura 23 demonstra parte da programação do *Arduino* de forma comentada.

Figura 23 – Início da programação do Arduino para conexão ao App

```
projeto_tcc

int portaLed = 8; //Porta a ser utilizada para ligar o led 1
int portaLed2 = 9; //Porta a ser utilizada para ligar o led 2
int portaLed3 = 10; //Porta a ser utilizada para ligar o led 3
int portaLed4 = 11; //Porta a ser utilizada para ligar o led 4
int portaLed5 = 12; //Porta a ser utilizada para ligar o led 5
int portaLDR = A1; //Porta analógica utilizada pelo LDR 1
int portaLDR2 = A2; //Porta analógica utilizada pelo LDR 2
int portaLDR3 = A3; //Porta analógica utilizada pelo LDR 3
int portaLDR4 = A4; //Porta analógica utilizada pelo LDR 4
int portaLDR5 = A5; //Porta analógica utilizada pelo LDR 5

void setup()
{
  pinMode(portaLed, OUTPUT); //Define a porta do Led como saída
  pinMode(portaLed2, OUTPUT); //Define a porta do Led 2 como saída
  pinMode(portaLed3, OUTPUT); //Define a porta do Led 3 como saída
  pinMode(portaLed4, OUTPUT); //Define a porta do Led 4 como saída
  pinMode(portaLed5, OUTPUT); //Define a porta do Led 5 como saída

  Serial.begin(9600); //Inicia a porta serial

  digitalWrite(portaLed, LOW); //Inicia o Led 1 desligado
  digitalWrite(portaLed2, LOW); //Inicia o Led 2 desligado
  digitalWrite(portaLed3, LOW); //Inicia o Led 3 desligado
  digitalWrite(portaLed4, LOW); //Inicia o Led 4 desligado
  digitalWrite(portaLed5, LOW); //Inicia o Led 5 desligado
}
```

Fonte: O Autor, 2019

Para que cada LED (*Light Emitting Diode*) dentro do protótipo ligue é necessário que esteja acompanhado por um LDR (*Light Dependent Resistor*). A variável ‘estado’ dentro da programação do *Arduíno* representa o sinal que é enviado e compreendido pelo o *Arduíno* para que cada LED ligue, isso varia de acordo com a taxa de luminosidade que cada LDR recebe. As Figuras 24 e 25 apresentam o restante da programação do *Arduíno*.

Figura 24 - Continuação da programação do *Arduíno*

```
projeto_tcc $  
  
if(ls == 'L'){  
    digitalWrite(portaLed, !digitalRead(portaLed));  
    delay(250);  
}  
if (estado < 550){  
    Serial.println("aceso");  
}else{  
    Serial.println("apagado");  
}  
delay(250);  
if(ls == 'A'){  
    digitalWrite(portaLed2, !digitalRead(portaLed2));  
    delay(250);  
}  
if (estado < 720){  
    Serial.println("aceso2");  
}else{  
    Serial.println("apagado2");  
}  
delay(250);  
if(ls == 'B'){  
    digitalWrite(portaLed3, !digitalRead(portaLed3));  
    delay(250);  
}
```

Fonte: O Autor, 2019.

Figura 25 - Fim da programação do Arduino



```
projeto_tcc $
digitalWrite(portaLed3, !digitalRead(portaLed3));
delay(250);
}
if (estado < 420){
  Serial.println("aceso3");
}else{
  Serial.println("apagado3");
}
delay(250);
if (ls == 'C'){
  digitalWrite (portaLed4, !digitalRead (portaLed4));
  delay(250);
}
if (estado < 450){
  Serial.println("aceso4");
}else{
  Serial.println("apagado4");
}
delay(250);
if (ls == 'D'){
  digitalWrite (portaLed5, !digitalRead (portaLed5));
  delay(250);
}
if (estado < 360){
  Serial.println("aceso5");
}else{
  Serial.println("apagado5");
}
delay(250);
}
```

Fonte: O Autor, 2019.

Fazendo a junção do *app* desenvolvido na plataforma *MIT App Inventor* com a programação do *Arduino*, e também com os componentes necessários (LEDs, LDRs, resistores, cabos conectores, módulo *Bluetooth*) tem-se o aplicativo em seu modelo final.

Para poder acessar o aplicativo é necessário realizar a conexão do *smartphone* com o *MIT App Inventor*, a conexão se dá da seguinte maneira: primeiro é necessário baixar o *app* ‘MIT AI2 Companion’. Após o *download* é necessário parear o *app* com o *site* do *MIT App Inventor*, usando um *QR Code* que é gerado cada vez que necessite esse tipo de conexão.

Depois de pareado no próprio *app* ‘MIT AI2 Companion’ aparece a *interface* criada no desenvolvimento do *app*, bem como seus controles e funções.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema abordado no desenvolvimento da monografia é de grande relevância dado o contínuo avanço das tecnologias e da necessidade que nós seres humanos temos em querer deixar as coisas práticas e fáceis. Para o meio acadêmico o tema é relevante visto que mostra a simplicidade com que se dá o desenvolvimento de um aplicativo, o uso dos programas de código aberto torna abundante as finalidades e aplicações dos dispositivos citados no decorrer desta monografia.

Os resultados obtidos na realização da monografia e desenvolvimento do protótipo foram satisfatórios em razão de proporcionar maior desenvolvimento pessoal e profissional em um setor da engenharia que tende a crescer muito nos próximos anos.

Pode-se perceber que existem inúmeras maneiras de se automatizar uma residência, desde projetos mais caros a projetos mais baratos, isso vai depender da necessidade da pessoa que requisitar um sistema de Automação Residencial. Fica comprovado que mesmo sem gastar muito, pode-se desenvolver um sistema simples capaz de controlar a iluminação de uma residência, podendo até mesmo ser implementado para controles de dispositivos maiores.

Fazendo o uso de *softwares* como o *Arduíno* sempre há material de pesquisa e desenvolvimento de projetos na rede, isso faz com que a evolução dessa tecnologia seja abundante em meio acadêmico.

Mediante tudo o que foi exposto aqui conclui-se que automação residencial aliada à internet das coisas torna o cotidiano mais fácil proporcionando maior comodidade as pessoas de uma forma geral.

6. REFERÊNCIAS

AGGARWAL, Charu. *The Internet of Things: a Survey from the data-centric perspective*, 2013. *Managing and Mining Sensor Data*, p. 383-391. Disponível em: <<http://charuaggarwak.net/iot.pdf>>. Acesso em: 02/11/2019.

ALMEIDA, R. **A tecnologia por trás da mágica**. Disponível em: <<http://quicaze.com/126/a-tecnologia-por-tras-da-magica/>>. Acesso em: 14/11/2019.

AURESIDE. **Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial**. Disponível em: <<https://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 17/10/2019.

AURESIDE. **Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial**. Agosto de 2010. Disponível em: <<https://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 14/11/2019.

BACNET. *Bacnet – Building Automation and Control Network*. Disponível em: <<http://www.bacnet.org>>. Acesso em: 16/11/2019.

BASSI, A.; BAUER, M.; FIEDLER, M.; KRAMP, T.; VAN KRANENBURG, R.; LANGE, S.; MEISSNER, S. *Enabling Things to talk: Designing IoT Solutions with the IoT Architectural Reference Model*. Ebook, Editora Springer Heidelberg New York Dordrecht London. Disponível em: <<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-40403-0>>. Acesso em: 31/10/2019.

BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes**. [S.l.]: Livraria da Física, 2004.

BOLZANI, C. A. M. **Desmistificando a Domótica**. In: Revista *Home Theater*. [S.l.: s.n.], 2007.

CASADOMO. **Domótica – Introducción**. Disponível em: <<http://www.casadomo.com/>>. Acesso em: 14/11/2019.

CHAVAN, A.; NIGHOT, M. *Secure CoAP Using Enhanced DTLS For Internet of Things*. Disponível em: <http://www.ijirce.com/upload/2014/december/25U_Secure.pdf>. Acesso em: 13/11/2019.

CEDOM. **Qué es Domótica?** Disponível em: <<https://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>>. Acesso em: 15/10/2019.

CORETTI, J. A. (1998). **Manual de Treinamento Básico de Controlador Programável**. Sertãozinho, Centro de Treinamento SMAR.

DOMINGO, Mari. *An overview of the Internet of Things for people with disabilities*. *Journal of Network and Computer Applications*. Vol. 35. Março, 2012. Páginas 584-596.

DIAZ, Lazaro. *CCNA Routing and Switching 200-125 Certification Guide*. Packt Publishing Ltd. Birmingham, UK, 2018.

DRITSAS, D. *Beyond X-10 The Future of Home Automation*. Disponível em: <<http://www.dealerscope.com/article/beyond-x-10-the-future-of-home-automation-14598/2>>. Acesso em: 16/11/2019.

ECHELON. Introduction to the LonWorks® Platform. Disponível em: <<http://www.echelon.com/support/documentation/>>. Acesso em: 16/11/2019.

EVANS, D. The Internet of Things: how the next evolution of internet is changing everything. White Paper, CISCO IBSG, 2011. Disponível em: <<https://www.cisco.com/web/about/ac79/iot/index.html>>. Acesso em: 15/10/2019.

EUROPEAN COMMISSION. The Internet of Things. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/internet-of-things>>. Acesso em: 15/10/2019.

GREENFIELD, A. Everyware: the dawning age of ubiquitous computing. New Riders: Berkley, 2006.

GONZALES, J. O Futuro é Agora. Jornal o Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cursoautomacaoresidencial.com.br/artigos/o-futuro-e-agora/>>. Acesso em: 14/11/2019.

HOMEPCNA. H.P.N.A. Existing Wires Home Networking. Disponível em: <<http://www.homepcna.org/>>. Acesso em: 16/11/2019.

INTERNATIONAL CONFERENCE. International Conference for Industry and Academia. Disponível em: <<https://www.iiot-conference.org/iiot2008>>. Acesso em 15/10/2019.

INTERNET SOCIETY. Iot Trust by Design. Disponível em: <<https://www.internetsociety.org/resources/doc/2018/iiot-trust-by-design>>. Acesso em: 15/10/2019.

IPv6 do PoP-BA. Mobilidade. Disponível em: <<https://www.pop-ba.rnp.br/IPv6/FundamentosIPv66>>. Acesso em: 13/11/2019.

ITU – INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things. Geneva, 2005. Disponível em: <<https://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>>. Acesso em: 15/10/2019.

KEVIN ASHTON. Father of IoT. RFID Journal Article, 22 de junho de 2009.

KAR, Ian. Which countries are the biggest early-adopters of the Internet of Things? Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/03/which-countries-are-the-biggest-early-adopters-of-the-internet-of-things/?utm_content=buffercf6d9&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer>. Acesso em: 16/10/2019.

Karotz, Nabaztag & Cie. Nabaztag. Disponível em: <<https://www.nabaztag.com>>. Acesso em: 15/10/2019.

KOTSEV, Alexander; PANTISANO, Francesco; SHADE, Sven; JIRKA, Simon. Architecture of a Service-Enabled Sensing Platform for the Environment. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/15/2/4470/htm>>. Acesso em: 02/11/2019.

KRANENBURG, R. The Internet of Things: a critique ambient technology and the all-seeing network of RFID. Amsterdã: Institute of Networks Culture, 2008.

KUKOSE, J. F.; ROSS, K. W. Rede de Computadores e a Internet: Uma abordagem top-down. [S.l.]: Pearson Addison Wsley, 2006.

LIU, Yi; WANG, He; WANG, Junyu; QIAN, Kan; KONG, Ning; WANG, Kaijijang; ZHENG, Lirong; SHI, Yiwei; ENGELS, Daniel. **Enterprise-Oriented IoT Name Service for Agricultural Product Supply Chain Management.** *International Journal of Distributed Sensor Networks* Volume 2015, Article ID 308165, 12 pages. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ijdsn/2015/308165/>>. Acesso em 31/10/2019.

LG Electronics, 2002. **LG Internet Refrigerator is at The Heart of The Digital Home Network.** Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/cgi-bin/stories.pl?ACCT=104&STORY=/www/story/01-03-2002/0001646820&EDATE=>>. Acesso em: 15/10/2019.

MASHAL, Ibrahim; ALSARYAH, Osama; CHUNG, Tein-Yaw; YANG, Cheng-Zen; KUO, Wen-Hsing; AGRAWAL, Dharma. **Choices for interaction with things on Internet and underlying, 5 issues.** *Ad Hoc Networks* 28 (2015) 68-90. Disponível em: <http://www.reseachgate.net/publication/270583584_Choices_for_Interaction_with_Things_on_Internet_and_Underlying_Issues>. Acesso em: 01/11/2019.

MIT APP INVENTOR 2. **MIT APP INVENTOR 2, 2010.** Disponível em: <<http://ai2.appinventor.mit.edu>>. Acesso em: 20/11/2019.

MONTENEGRO, G.; KUSHALNAGAR, N.; HUI, J.; CULLER, D. **Request for Comments 4944: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks.** 2007. Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4944/>>. Acesso em: 13/11/2019.

PANDIKUMAR, S.; VETRIVE, R.S. **Internet of Things Based Architecture of Web and Smart Home Interface Using GSM.** Disponível em: <<http://www.rroi.com/open-access/Internet-of-things-based-architecture-of-weband-smart-home-interface-using-gsm.pdf>>. Acesso em: 01/11/2019.

PERKINS, Charles. **Suporte à Mobilidade IP.** Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2002.txt>>. Acesso em: 13/11/2019.

POSTSCAPES. **Internet of Things History.** Disponível em: <<https://www.postscapes.com/internet-of-things-history/>>. Acesso em: 15/10/2019.

QUARTZ. **The top-country early-adopters of the Internet of Things, ranked.** Disponível em: <<https://qz.com/648863/the-top-country-early-adopters-of-the-internet-of-things-ranked/>>. Acesso em: 01/11/2019

ROSSETI, R. **Internet of Things (IoT) and Smart Cities.** *IEEE Xplore-Readings on Smart Cities – Vol. 1, Edição 7, Agosto 2015.* Disponível em: <<http://smartcities.ieee.org/articles-publications/ieee-xplore-readings-on-smart-cities/august-2015.html?>>. Acesso em 31/10/2019.

SANNAPUREDDY, B. R. **Pros & Cons of Internet of Things (IOT).** Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/pros-cons-Internet-things-iot-bhaskara-reddy-sannapureddy?trk=prof-post>>. Acesso em: 31/10/2019.

Scientific American. **The Internet of Things.** Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/the-internet-of-things/>>. Acesso em 15/10/2019.

SHANNON, Victoria. *Other Nations Hope to Loosen U.S. Grip on Internet*. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2005/11/15/technology/other-nations-hope-to-loosen-us-grip-on-internet.html>>. Acesso em 15/10/2019.

SHANNON, Victoria. *Wireless: Creating Internet of 'Things': A scary, but exciting*. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2005/11/20/technology/wireless-creating-internet-of-things-a-scary-but-exciting.html>>. Acesso em 15/10/2019.

STERLING, B. *Shaping Things*. Cambridge e Londres: MIT Press, 2005.

TANENBAUM, A. S. *Rede de Computadores*. [S.1.]: Editora Campus, 2003.

The Guardian, 2003. *The Internet of Things*. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2003/oct/09/shopping.newmedia>>. Acesso em: 15/10/2019.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. **Automação residencial: Busca de Tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário**. In: II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia SEGeT2005. [S.1.: s.n.], 2005.

ZASLAVSKY, A.; PERERA, C. *Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey*. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/1305.0982.pdf>>. Acesso em: 01/11/2019.

ZIGBEE. *ZigBee Home Automation – Features*. Disponível em: <<http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeHomeAutomation/Features.aspx>>. Acesso em: 16/11/2019.

Z-WAVE. *Z-WAVE*. Disponível em: <<http://www.zwave.com.br>>. Acesso em: 16/11/2019.