

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JUAN PAULO GAMA RODRIGUES

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO ALIADA À EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

São Luís

2017

JUAN PAULO GAMA RODRIGUES

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO ALIADA À EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Estadual do Maranhão
como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio
Petinelli

São Luís

2017

Rodrigues, Juan Paulo Gama.

Automação residencial de baixo custo aliada à eficiência energética /
Juan Paulo Gama Rodrigues. – São Luís, 2017.
72 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade
Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

1. Automação residencial. 2. Domótica. 3. Eficiência energética.
I. Título.

CDU 681.5:621.31

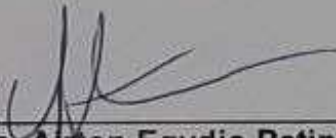
JUAN PAULO GAMA RODRIGUES

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO ALIADA À EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Estadual do Maranhão
como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 05/12/2017

O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores
abaixo listados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho
aprovado.



Prof. Me. Ailton Egydio Petinelli
Prof. Orientador
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho
Membro titular
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio
Membro titular
Universidade Estadual do Maranhão

Dedico este trabalho a toda minha família, amigos e professores, que me ajudaram e incentivaram nessa longa jornada, onde todos se demonstraram de extrema importância para que eu chegasse a esse ponto da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente, a Deus, pela força e coragem durante esta longa caminhada, por ser essencial em minha vida e socorro presente na hora de angústia.

Aos meus pais, Iranilda Gama e João Rodrigues Filho, e meu Irmão, Joab Gama, pelo cuidado, carinho e ter dado esperança e inspiração para seguir.

A todos os tios e primos.

A todos os professores e, em especial, ao meu orientador Airton Egydio Petinelli, por disponibilizar tempo e dedicação para me auxiliar na caminhada acadêmica.

Aos meus colegas de curso, que fizeram parte da minha formação e que permanecerão presente em minha vida.

A todos que fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*Se cheguei até aqui foi porque me apoiei
no ombro dos gigantes.*

Isaac Newton

RESUMO

A automação residencial (Domótica) está cada vez mais presente na vida das pessoas e já é uma realidade em várias residências brasileiras com soluções diferenciadas voltadas as necessidades de cada um. Com a finalidade de se tornar mais acessível um Sistema de Automação Residencial e contribuir para um consumo mais eficiente nas edificações. O presente projeto possui uma central de controle, que pode facilmente ser instalada em qualquer casa, essa central recebe comandos do proprietário através de aparelho celular conectado ao Wi-Fi, pelo qual se pode acionar e gerenciar dispositivos eletrônicos ou elétricos, dentre alguns exemplos possíveis seriam eles: ligar e desligar luzes, acionar abertura de persianas e outros dispositivos ligados à rede elétrica.

Palavras-chave: Automação Residencial. Domótica. Eficiência Energética.

ABSTRACT

Residential automation (Home automation) is increasingly present in people's lives and is already a reality in several Brazilian homes with differentiated solutions geared to the needs of each one. In order to become more accessible a Residential Automation System and contribute to a more efficient consumption in buildings. The present project has a control center, which can easily be installed in any house, this central receives commands from the owner through a cellular device connected to Wi-Fi, by which one can activate and manage electronic or electric devices, among some possible examples would be they: turn lights on and off, open shutters and other devices connected to the mains.

Keywords: Residential Automation. Home automation. Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia do uso da energia	21
Figura 2 - Arduino – Especificações por Modelo	32
Figura 3 - IDE do Arduino.....	34
Figura 4 - Módulo ESP8266 ESP-01	36
Figura 5 - Pinagem do ESP-01.....	36
Figura 6 - Módulo ESP8266 ESP-05.....	37
Figura 7 - Módulo ESP8266 ESP-07.....	38
Figura 8 - Módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E.....	38
Figura 9 - Pinagem do Módulo do ESP8266 NodeMCU-12E	39
Figura 10 - Sensor PIR.....	40
Figura 11 - Princípio de funcionamento do sensor PIR	40
Figura 12 - Módulo Sensor PIR HC-SR501.....	41
Figura 13 - Parte interna do Módulo PIR HC-SR501.....	42
Figura 14 - Detalhes Sensor PIR HC-SR501	42
Figura 15 - Relé.....	43
Figura 16 - Módulo Relé 2 canais.....	44
Figura 17 - Acionando cargas com módulo relé	45
Figura 18 - Módulo Relé 4 canais.....	45
Figura 19 - Módulo Sensor de Corrente ACS712.....	46
Figura 20 - Sensor LDR.....	47
Figura 21 - Aba Designer do APP Inventor	49
Figura 22 - Aba Blocks do APP Inventor	50
Figura 23 - IDE do Arduino.....	52
Figura 24 - Tela de preferências da IDE Arduino	53
Figura 25 - Tela para a instalação do suporte ao ESP8266 na IDE Arduino.....	54
Figura 26 - Aplicativo UEMA-Online.....	55
Figura 27 - Tela inicial do aplicativo	56
Figura 28 - Modos de uso.....	57
Figura 29 - Esquema de montagem do protótipo	58
Figura 30 - Definição das portas do módulo ESP8266.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo final energético no setor residencial brasileiro	23
Tabela 2 - Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica.....	25
Tabela 3 - Evolução do consumo unitário do estoque de equipamentos nos domicílios	26
Tabela 4 - Eficiência energética no setor residencial. Energia elétrica	28
Tabela 5 - Custos da montagem do protótipo	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica.....	24
Gráfico 2 - Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos no horizonte decenal (2019)	27
Gráfico 3 - Consumo de energia e troca de lâmpadas em um sistema sem automação.....	30
Gráfico 4 - Consumo de energia e troca de lâmpadas com automação	31

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABESCO de Energia	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
AR	Automação Residencial
AURESIDE	Associação Brasileira De Automação Residencial
BEM	Balanço Energético Nacional
EIA	Energy Information Administration
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GND	Aterramento (Grounding)
GPIO	General Purpose Input/Output
I2C	Circuito Inter-integrado (Inter-Integrated Circuit)
IDE	Ambientes de Desenvolvimento Integrado (Integrated Development Environment)
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
LED	Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode)
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIR	Sensor Infravermelho Passivo (Passive Infrared Sensor)
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética
PWM	Modulação por Largura de Pulso (Pulse Width Modulation)
USB	Conexão Serial Universal (Universal Serial Bus)
URL	Localizador Uniforme de Recursos (Uniform Resource Locator)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivo Específico.....	14
1.3 METODOLOGIA.....	15
1.3.1 Definições De Parâmetros.....	15
1.3.2 Desenvolvimento Da Programação.....	15
1.3.3 Montagem Do Circuito.....	15
1.3.4 Testes.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 DOMÓTICA.....	17
2.2 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.....	17
2.2.1 Características.....	18
2.2.2 Tipos De Automação Residencial.....	18
2.2.3 Contexto Atual.....	19
2.2.4 Fatores Que Estão Estimulando O Crescimento.....	19
2.3 EFICIÊNCIA ENÉRGICA.....	20
2.3.1 Eficiência Energética No Brasil.....	21
2.3.2 Eficiência Energética No Setor Residencial.....	22
2.3.2.1 Considerações iniciais.....	22
2.3.2.2 Taxa de atendimento do serviço de eletricidade.....	23
2.3.2.3 Posse de equipamentos eletrodomésticos.....	24
2.3.2.4 Consumo específico de equipamentos eletrodomésticos.....	25
2.3.2.5 Eficiência energética no uso da energia elétrica.....	27
2.3.2.6 Eficiência energética com uso da automação.....	29
2.4 SOFTWARE E HARDWARE USADOS NO PROJETO.....	31
2.4.1 Arduino.....	31
2.4.2 Software Do Arduino.....	33
2.4.3 IDE Do Arduino.....	33
2.4.4 ESP8266.....	34
2.4.4.1 Módulos wireless com ESP8266.....	35
2.4.5 Sensor De Movimento PIR.....	39
2.4.5.1 Módulo sensor PIR HC-SR501.....	41
2.4.6 Relé.....	42
2.4.6.1 Funcionamento dos relés.....	43
2.4.6.2 Módulo relé.....	44
2.4.7 Sensor De Corrente.....	46

2.4.7.1 Módulo sensor de corrente.....	46
2.4.8 Sensor LDR	47
2.4.9 MIT App Inventor	47
3 DESENVOLVIMENTO.....	51
3.1 SISTEMA PROPOSTO	51
3.2 FERRAMENTAS	51
3.2.1 Programar O Módulo ESP8266 NodeMCU-12E Com IDE Arduino	51
3.2.2 O Aplicativo	54
3.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO	57
3.3.1 Descrição	58
3.4 CUSTOS	59
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICE A – CÓDIGO ELABORADO.....	66

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna tem vivido em meio a constantes avanços tecnológicos no campo da automação. A cada dia, a automatização vem se tornando ferramenta indispensável na vida das pessoas. Além do status, da praticidade e do conforto, outros fatores como segurança, economia de energia e valorização do imóvel vem sendo considerados na decisão de implantar um sistema de automação residencial.

Automação residencial é bastante difundida hoje em dia em todos os países industrializados. Este tipo de automação também é conhecido como domótica e é efetivamente a aplicação das técnicas e ferramentas de automação predial em um cenário doméstico. Neste domínio de aplicação, o custo, ainda muito elevado, é o principal fator que limita a difusão desses sistemas. Por isso, desenvolveu-se neste trabalho um sistema de automação residencial de baixo custo aliada à eficiência energética, visando quebrar a barreira do custo-benefício.

A eficiência energética se tornou tema de estudos e discussões nos últimos anos em razão da preocupação da sociedade com o aquecimento global e a preservação do meio ambiente. Usar com cautela os recursos naturais e investir em tecnologias limpas é fundamental para que o nosso planeta seja preservado.

Pequenos hábitos podem contribuir para o uso de energia mais eficiente. “Apagar luzes que não estão sendo usadas, desligar a televisão quando ninguém está assistindo e usar com maior frequência a luz natural são atitudes que resultam na economia de energia” (BANZATO, 2008 apud PORTAL FATOR BRASIL, 2008).

Em alguns casos, além da consciência, é necessário criar soluções automatizadas. Nesse caso, será apresentado neste trabalho um sistema de automação residencial de baixo custo aliada à eficiência energética. Com a finalidade de se tornar mais acessível um Sistema de Automação Residencial e contribuir para um consumo mais eficiente nas edificações.

1.1 JUSTIFICATIVA

Desde 2001, o Brasil possui um importante instrumento para a indução da eficiência energética: a Lei nº 10.295, também conhecida como Lei de Eficiência Energética. Concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional.

Com o surgimento da tecnologia embarcada, que hoje em dia é produzida em larga escala, possibilitou-se o desenvolvimento da Internet das Coisas (IoT, do Inglês “Internet of Things”) mais acessível, pois ficou mais fácil e barato controlar “coisas” remotamente.

Partindo disso, propõe-se neste trabalho, um sistema de automação residencial de baixo custo aliada à eficiência energética, que seja útil para monitorar e controlar a eficiência energética de casas, contribuindo assim para práticas inteligentes e econômicas no uso da energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de automação residencial de baixo custo aliada à eficiência energética.

1.2.2 Objetivo Específico

- Adotar práticas inteligentes e econômicas no uso da energia elétrica;
- Desenvolver software para utilização em celular para aplicação em automação residencial;
- Montar protótipo para aplicação do software e do sistema de automação.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho será executado basicamente em quatro etapas, cada uma correspondendo a uma linha de ação: definição de parâmetros, desenvolvimento da programação, montagem do circuito e, por fim, testes.

Inicialmente, o trabalho será caracterizado através da pesquisa bibliográfica que englobará os conhecimentos básicos para o seu desenvolvimento.

1.3.1 Definições De Parâmetros

Para definir os parâmetros, inicialmente será necessário pesquisar bibliografias de literaturas que envolvam o mecanismo de um sistema de automação residencial.

1.3.2 Desenvolvimento Da Programação

Essa fase do trabalho é a encarregada para a definição da linguagem e adequação da forma com a qual faremos com que um microcontrolador, que será a central de processamentos de dados do protótipo, receba e interprete os dados enviados dos sensores. Para isso, o sistema necessitará de uma programação específica que interprete esses dados de forma correta para que o equipamento funcione bem e sem interferências.

1.3.3 Montagem Do Circuito

O trabalho necessitará de um circuito para adequação dos componentes que o compõem. Na fase de testes esse circuito será montado em uma protoboard. Uma protoboard, também conhecida como matriz de contatos é utilizada para fazer montagens provisórias, teste de projetos, além de inúmeras outras aplicações.

1.3.4 Testes

Os testes serão feitos na fase final do presente trabalho, após todo o processo de montagem da placa e revisão do programa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DOMÓTICA

A palavra domótica originou-se do latim *domus*, que significa casa. É a ciência moderna de engenharia das instalações em sistemas prediais. A Domótica é uma ciência multidisciplinar que estuda a relação entre o homem e a casa. A imersão de pessoas em ambientes computacionalmente ativos revelou a necessidade do uso de técnicas mais sutis que gerenciassem a complexidade e o dinamismo das interações dos moradores com o ambiente residencial saturado de diminutos dispositivos eletrônicos interligados em rede (BOLZANI, 2010).

A domótica apresenta vários benefícios para o morador de uma residência. Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE, 2017), estes benefícios geram demanda por parte dos proprietários e influenciam os empreendedores para que as novas construções tenham incluídas a automação residencial e que sejam oferecidos os serviços de readequação para as residências já existentes.

Ainda segundo a entidade AURESIDE (2017), vários benefícios podem ser imediatamente apropriados pelo proprietário/morador: a) Economia de energia; b) Conveniência; c) Segurança; d) Economia de tempo e esforço; e) Conforto; f) Acessibilidade; g) Facilidade de comunicação.

2.2 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial é um ramo da automação predial especializada no controle de operações no âmbito doméstico. Ela se utiliza de sistemas de controle para gerenciar equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos reduzindo a necessidade de intervenção humana. Em geral, coletam-se informações sobre o ambiente por meio de sensores, analisam-se seus parâmetros e tomam-se decisões segundo um programa específico. Essas decisões podem disparar ações que, por sua vez, podem alterar o estado de atuadores que modificarão o ambiente.

A residência inteligente se utiliza da automação residencial para sentir e manipular o ambiente, mas uma residência não é considerada inteligente apenas porque automatiza o funcionamento de seus dispositivos. O processo de automação e controle é um meio para a criação de serviços e aplicações. É uma condição necessária, mas não suficiente. Segundo Friedewald e Costa (2003) apud Bolzani (2010, p. 31):

A conexão de dispositivos a uma infraestrutura de comunicação não garante a inovação em si, mas a automação residencial potencializa os recursos de uma casa possibilitando a execução de tarefas associadas ao conforto, segurança, comunicação, conveniência e entretenimento de seus ocupantes.

2.2.1 Características

Segundo Sena (2005, p. 15), as características fundamentais que se devem encontrar em um sistema de automação residencial são:

- Capacidade para integrar todos os sistemas – os sistemas interligados por meio da rede doméstica devem possibilitar o monitoramento e o controle externos, bem como atualização remota de software e detecção de falhas.
- Atuação em condições variadas – o sistema deve ser capaz de operar em condições adversas (clima, vibrações, falta de energia) e prover múltiplas interfaces para os diferentes usuários, segundo o entendimento tecnológico, idade, entre outros, bem como auxiliar portadores de deficiência.
- Memória – o sistema deve ser capaz de memorizar suas funções principais mesmo em regime de falta de energia, deve possibilitar a criação de um histórico das últimas funções realizadas e prover meios de checagem e auditoria destas funções.
- Noção temporal – o sistema deve ter a noção de tempo, bem como dia e noite e estações climáticas a fim de possibilitar a execução de processos e atividades baseadas nestes aspectos.
- Fácil relação com o usuário – o sistema deve prover interfaces de fácil acesso e usabilidade, pois os usuários detêm diferentes níveis de instrução e entendimento sobre novas tecnologias.
- Facilidade de reprogramação – o sistema deve permitir a fácil reprogramação dos equipamentos e prover ajustes pré-gravados em casos de falha ou mau funcionamento.
- Capacidade de autocorreção – o sistema deve ter a capacidade de identificar uma seleção de problemas e sugerir soluções.

2.2.2 Tipos De Automação Residencial

Segundo Pinheiro (2004), a automação residencial, por vezes abreviado como AR, está dividida em três graus ou classes de integração, que podem determinar o grau de automação de uma edificação:

- Autônomos: possuem funcionalidades somente de acionar ou desligar dispositivo ou subsistemas. Nessa classificação nenhum dispositivo ou subsistema tem relação um com o outro.
- Integrados: possuem múltiplos subsistemas integrados a um único controlador. A limitação deste sistema está no fato de que cada subsistema deve ainda funcionar unicamente na forma que seu fabricante pretendia. Basicamente, trata-se apenas de controle remoto estendido a diferentes locais. O processamento pode ser centralizado na central de automação ou distribuído pela rede.
- Complexos: possuem como grande diferencial a possibilidade da personalização de produtos manufaturados de modo que atenda às necessidades do proprietário. É dependente de comunicação de mão dupla e realimentação de status entre todos os subsistemas.

2.2.3 Contexto Atual

Historicamente se trata do melhor momento para a automação residencial. Quando se analisam as principais tendências que impulsionam o uso de tecnologias em residências observa-se que muitas não estão diretamente ligadas ao ambiente doméstico em si; são fatores externos, de caráter social, econômico e geopolítico, mas que alteram diretamente a rotina diária e as funções exigidas de uma casa (BOLZANI, 2012).

Segundo a AURESIDE (2017), o setor da Automação Predial e Residencial, com o advento da crise econômica, experimentará uma retomada lenta em 2017. O mercado global de automação residencial teve um valor estimado de 5,77 bilhões de dólares em 2014, 4,41 bilhões de dólares em 2013 e deve chegar a 12,81 bilhões de dólares em 2020.

Relatórios sobre eventos indicam que a tendência de alta de longo prazo deve continuar forte, assim como os observadores do mercado mantém esta certeza de crescimento da indústria (AURESIDE, 2017).

2.2.4 Fatores Que Estão Estimulando O Crescimento

A Domótica acumulou expectativas financeiras nos últimos anos; no entanto, mais recentemente, o mercado tem experimentado um crescimento profundo ao longo dos últimos cinco anos. Uma série de fatores estão estimulando o crescimento atual e são esperados para abastecer o crescimento para os próximos anos.

O aumento do uso de dispositivos móveis para operar várias tarefas e a crescente conscientização sobre tecnologias sem fio e sua integração é um fator esperado para melhorar a percepção do mercado para os próximos anos.

Além disso, a retomada dos negócios imobiliários tem ajudado a incentivar planos para a construção residencial e comercial nos próximos anos. E a Automação Residencial é entendida como um diferencial para as vendas de casas novas.

Cabe ressaltar que a Domótica é um componente importante nas iniciativas de construções "verdes". Sistemas de energia eficientes devem ser intuitivos para o consumidor e este deve ter uma referência para sua construção nova no que tange às muitas possibilidades da domótica qualificar incluindo até benefícios fiscais no âmbito das iniciativas "verdes".

Como as tecnologias sem fio e de integração se tornam mais avançadas e mais seguras, a expectativa para operar vários componentes de sua casa ou escritório a partir de dispositivos móveis pessoais aumenta. A compreensão crescente da tecnologia também tem incentivado a população idosa a permanecer em suas casas, que abre mão de vida assistida e, em vez disso, melhoram a sua casa com recursos de automação projetados para ajudá-los com as tarefas diárias.

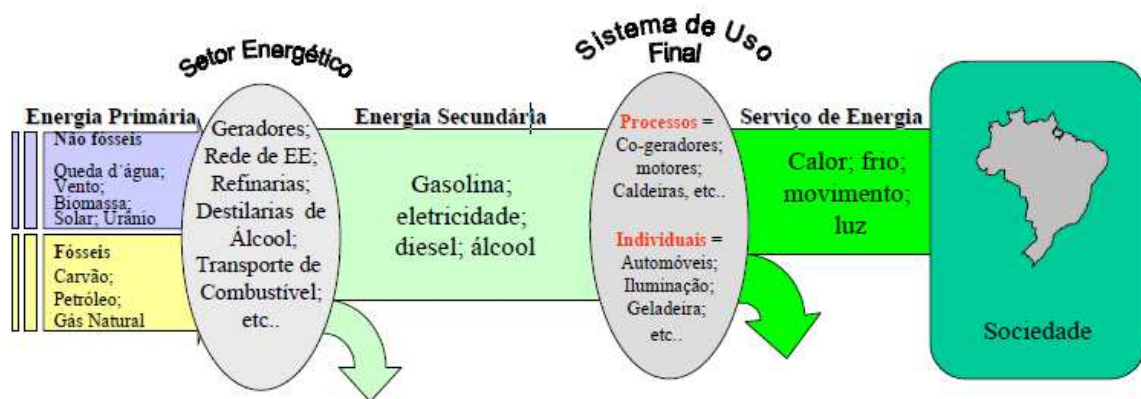
2.3 EFICIÊNCIA ENERGICA

Segundo a Associação Brasileira Das Empresas De Serviços De Conservação De Energia (ABESCO, 2015), entende-se por eficiência a atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia, chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

O uso da energia nas sociedades geralmente passa por uma série de etapas de transformação desde o estágio em que ela é encontrada na natureza (a energia primária) até os serviços energéticos que interessam, como a luz, movimento ou calor. A figura 1 esquematiza o complexo caminho da energia entre a energia primária e o momento em que é usada para os serviços energéticos. Neste percurso

a energia primária sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade, como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia. As diversas formas como a energia se apresenta estão representadas em três retângulos emoldurados, para cada grupo: energia primária; energia secundária e serviço de energia (também conhecido como uso final). Os processos que transformam as diversas formas da energia são representados pelos retângulos sombreados (INEE, 2001).

Figura 1 - Cadeia do uso da energia
A Cadeia do Uso da Energia



Fonte: Instituto Nacional de Eficiência Energética (2001)

Melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado serviço de energia. A redução pode acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações. Pode também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final. Historicamente, a substituição de combustíveis por eletricidade resultava muitas vezes em reduções de energia primária. No Brasil, hoje, a substituição da eletricidade pelo gás natural em alguns processos térmicos pode reduzir a energia primária necessária (INEE, 2001).

2.3.1 Eficiência Energética No Brasil

A questão da eficiência energética passa a ser tratada pelo governo federal brasileiro em 1981, devido à crise do setor petrolífero. Neste ano, é criado o programa CONSERVE, voltado para o consumo energético industrial. Em 1984, são iniciadas as ações do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que visa a avaliação e

divulgação do desempenho energético de equipamentos fabricados no país. O programa funciona até 2001, com caráter voluntário. Já em 1985, com o agravamento da conjuntura do setor elétrico, é criado o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), sob a coordenação da ELETROBRAS. A criação desses programas provoca mudanças significativas na forma com que as atividades relacionadas com eficiência energética eram conduzidas no país (JANNUZZI et al., 2001).

O Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO) que visa promover a eficiência energética no país, por intermédio de apoio a projetos de combate ao desperdício e de racionalização do uso da energia. A criação desses programas provocou mudanças significativas na forma com que as atividades relacionadas com eficiência energética eram conduzidas no país (JANNUZZI et al., 2001).

Paralelamente a esses programas, a legislação brasileira no campo de eficiência energética sofreu modificações. A despeito da promulgação da Lei no 10.295 de 2001, intitulada como Lei da Eficiência Energética, que objetivava difundir e estimular a eficiência energética; edifícios residenciais, comerciais e públicos são responsáveis por aproximadamente 45% do consumo total de energia elétrica do País, a maior parte do qual advinda dos sistemas de climatização e de iluminação artificial (JANNUZZI et al., 2001).

2.3.2 Eficiência Energética No Setor Residencial

2.3.2.1 Considerações iniciais

Conforme dados do BEN (Balanço Energético Nacional) destacam-se, no setor residencial brasileiro, o consumo de eletricidade, lenha e gás liquefeito de petróleo – GLP (Tabela 1).

Tabela 1 - Consumo final energético no setor residencial brasileiro

Fonte	Consumo (10³ tep)	%
Eletricidade	8.220	36,2
Lenha	7.706	33,9
GLP	6.043	26,6
Carvão vegetal	531	2,3
Gás natural	229	1,0
Querosene	9	0,0
Total	22.738	100,0

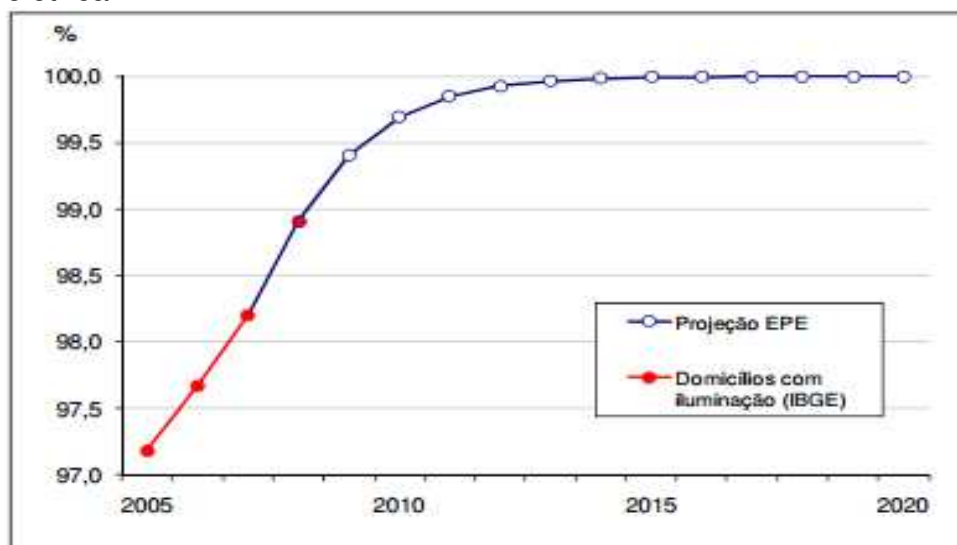
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

Nesse setor, variáveis como o número de domicílios e o perfil de posse de equipamentos têm importante impacto na determinação do consumo de energia. Enquanto o consumo de eletricidade é significativo para o uso de eletrodomésticos e outros equipamentos de uso em residências, como chuveiros elétricos e lâmpadas, o consumo da lenha e do GLP tem uma aplicação importante no atendimento da demanda por cocção e aquecimento de água (EPE, 2010).

2.3.2.2 Taxa de atendimento do serviço de eletricidade

Uma das questões básicas é determinar a parcela dos domicílios que serão atendidos pelo serviço de energia elétrica ao longo do horizonte de análise (taxa de atendimento). Para tanto, admitiu-se que a meta inicial do programa Luz para Todos (programa social criado e financiado pelo Governo Federal), inclusão de 10 milhões de pessoas ou 2 milhões de famílias, seria atingida em 2010 e que as novas demandas surgidas após o início do programa seriam atendidas na sequência. Essa hipótese levou a considerar a evolução da taxa de atendimento (percentual de domicílios com energia elétrica), conforme ilustrado no Gráfico 1. Com isto, o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica cresce de 57 milhões de unidades no ano de 2008 para cerca de 74 milhões de unidades em 2019 (EPE, 2010).

Gráfico 1 - Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

2.3.2.3 Posse de equipamentos eletrodomésticos

No que tange ao consumo de eletricidade, a evolução da posse de equipamentos por domicílio é determinante no ritmo de crescimento dessa demanda. Na metodologia empregada para a projeção da demanda residencial de energia elétrica por uso final nos estudos da EPE, a evolução da posse média resulta de estimativa sobre a evolução do estoque dos principais eletrodomésticos presentes nos domicílios. Por sua vez, a projeção do estoque é realizada a partir da diferença entre a estimativa de evolução das vendas e o sucateamento dos equipamentos considerados (EPE, 2010).

Para efeito de cálculo, tomou-se por base o perfil de idade dos equipamentos levantado na “Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – ano base 2005” realizada pelo PROCEL. Em adição, admitiu-se que, ao final da vida útil, os equipamentos domésticos são substituídos por novos mais eficientes. Além da renovação da parcela do estoque que é sucateada, considerou-se que o ritmo de crescimento das vendas de eletrodomésticos fosse função do incremento no número de novas ligações à rede e também do aumento da renda das famílias e, em um plano mais agregado, de sua melhor repartição. Essas considerações são determinantes na composição da trajetória da posse média de equipamentos domésticos. Na Tabela 2 a seguir são apresentados os dados básicos considerados neste trabalho, a saber: a

vida útil dos equipamentos domésticos e a posse média desses equipamentos pelas famílias no horizonte deste estudo (2010-2019). (EPE, 2010).

Tabela 2 - Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica.

Equipamento	Vida útil anos	Posse média (equipamentos por 100 domicílios)		
		2010	2014	2019
Ar condicionado	15	20	23	24
Refrigerador	15	96	100	100
Congelador	15	19	17	16
Chuveiro elétrico	15	84	85	86
Máquina de lavar roupas	15	63	67	72
Televisão	14	138	155	177
Lâmpadas (*)	1,5	7,55	7,59	7,63

(*) número médio de lâmpadas por domicílio.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

2.3.2.4 Consumo específico de equipamentos eletrodomésticos

A premissa geral adotada é de que a oferta de equipamentos no mercado evolui na direção de sempre disponibilizar dispositivos mais modernos e eficientes. Assim, por hipótese, a eficiência média do estoque de equipamentos em poder das famílias aumenta progressivamente, seja devido à reposição do equipamento ao final de sua vida útil, seja devido à expansão do estoque, associado ao movimento de equipar os novos domicílios. Nesse sentido, considerou-se que a eficiência dos novos equipamentos adquiridos pelas famílias cresce a uma taxa média de 0,5% ao ano até o horizonte de 2019 (EPE, 2010).

Para o cálculo do consumo específico por equipamento existente no ano de 2005, tomou-se como referência inicial os valores determinados a partir de informações contidas na “Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso” do PROCEL, nas tabelas de eficiência do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO, além de dados de potência e tempo de uso, disponibilizados pelas concessionárias de energia elétrica (EPE, 2010).

Ainda segundo EPE (2010, p. 18-19), as principais hipóteses utilizadas para a estimativa do consumo específico destes equipamentos foram:

- **Refrigerador:** foi considerado, para efeito de cálculo da média de consumo de energia elétrica, um funcionamento durante 10 horas por dia, 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise;
- **Congelador:** o consumo específico deste equipamento foi calculado de forma semelhante ao da geladeira. Assumiu-se um uso de 9 horas por dia e 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise;
- **Ar condicionado:** considerou-se um tempo médio de uso de 8 horas por dia, durante quatro meses por ano;
- **Chuveiro elétrico:** admitiu-se um tempo médio de banho de 10 minutos por habitante na posição “inverno” durante quatro meses e na posição “verão” durante o restante do ano;
- **Máquina de lavar roupas:** considerou-se um funcionamento médio de 12 horas por mês (3 horas por semana);
- **Televisão:** o consumo específico deste equipamento foi calculado admitindo um tempo médio de utilização de 4 horas por dia e 365 dias por ano, ponderado pela posse média de aparelhos de 14, 20, 21 e 29 polegadas nos domicílios no ano de 2005;
- **Lâmpadas:** o tempo médio de utilização foi estimado a partir da média de utilização de lâmpadas de uso habitual (considerada 5 horas por dia) e de uso eventual (considerada de 1 hora por dia), ponderada pela posse média de cada um dos dois tipos.

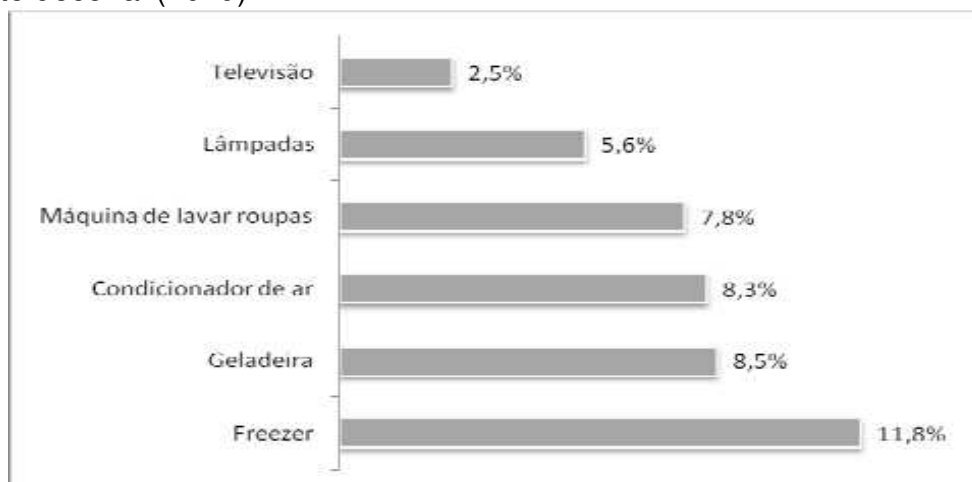
Nessas condições, o consumo médio do estoque de equipamentos nas residências foi estimado conforme se apresenta na Tabela 3, com os valores em kWh/equipamento/ano. Os ganhos de eficiência considerados em cada caso são, portanto, os apresentados no Gráfico 2. Cabe destacar que a análise se restringiu a esse grupo de equipamentos em razão de esses equipamentos representarem 85% do consumo de uma residência brasileira típica ou média (EPE, 2010).

Tabela 3 - Evolução do consumo unitário do estoque de equipamentos nos domicílios

Equipamento	2010	2014	2019
Ar condicionado	456	441	419
Refrigerador	349	338	320
Congelador	519	499	458
Lâmpadas	39	38	37
Chuveiro elétrico	483	498	511
Máquina de lavar roupas	68	66	63
Televisão	149	147	145

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

Gráfico 2 - Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos no horizonte decenal (2019)



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

Como referência, considerou-se que já no ano de 2001 a categoria “outros usos” representava 45% do consumo de energia elétrica dos lares norte-americanos (EIA, 2009 apud EPE, 2010 p. 20). A premissa considerada foi de atingir essa proporção no horizonte de mais longo prazo, pelo que, no ano horizonte trabalho (2019) atingir-se-ia o percentual de 29%. Essa observação é relevante porque, em razão da abordagem metodológica adotada, em que a avaliação da eficiência é feita pela diferença entre a projeção da demanda de energia considerada e não a evolução do consumo específico de equipamentos, a mudança da estrutura de consumo nas residências, como, por exemplo, ganho de participação de outros equipamentos, pode mascarar os ganhos de eficiência obtidos (EPE, 2010).

2.3.2.5 Eficiência energética no uso da energia elétrica

Com base nos critérios, premissas e parâmetros apresentados nas subseções precedentes, pode-se calcular o ganho de eficiência energética no uso da energia elétrica nas residências no horizonte decenal (2010-2019), inclusive explicitando a influência do efeito renda, aqui visualizado no aumento da posse de equipamentos.

Importa notar que esse cálculo estará restrito aos equipamentos relacionados anteriormente pelas razões já expostas. Por exemplo, na parcela do consumo atribuída a “outros usos” não se explicitou a conservação que está embutida

no uso dos equipamentos que se inscrevem nessa rubrica, a despeito da evolução importante do consumo agregado dos mesmos. Assim, todo o aumento de consumo associado a esses equipamentos estará associado ao aumento da posse e, portanto, da renda.

Nessas condições, a Tabela 4 resume a decomposição do aumento do consumo de energia elétrica no setor residencial no período compreendido entre 2010 e 2019. A energia conservada deve-se, exclusivamente, ao aumento da eficiência dos novos equipamentos consumidores.

Tabela 4 - Eficiência energética no setor residencial. Energia elétrica

Equipamento	Aumento do consumo em GWh devido			Aumento do consumo
	Aumento posse equipto. (A)	Aumento potência equipto. (B)	Conservação (C)	A + B - C
Ar condicionado	2.971		735	2.236
Geladeira	6.100		2.370	3.730
Freezer	0		725	- 725
Lâmpadas	4.661		1.303	3.358
Máquina de lavar roupas	1.105		317	787
Televisão	7.581		535	7.046
Subtotal	22.418		5.985	16.432
Chuveiro elétrico	6.724	1.916		8.640
Outros usos	33.177			33.177
TOTAL	62.319	1.916	5.985	58.249

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

Percebe-se que a energia conservada para este setor, calculada em 5.985 GWh, corresponde a:

- 11,7% do acréscimo do consumo residencial no horizonte de estudo (2010-2019);
- 3,7% do consumo residencial de energia elétrica projetado para 2019, de acordo com a EPE (2010).

2.3.2.6 Eficiência energética com uso da automação

Facilitar o controle dos aparelhos eletrônicos de um ambiente é o básico quando se pensa na automação de uma edificação. Por trás deste fator está um sistema capaz de garantir maior eficiência energética e a capacidade de economizar recursos. Isto faz com que a cada dia mais espaços, não só residenciais, mas também comerciais e industriais, sejam controlados por uma única fonte que supervisiona o rendimento e o estado de cada eletrônico.

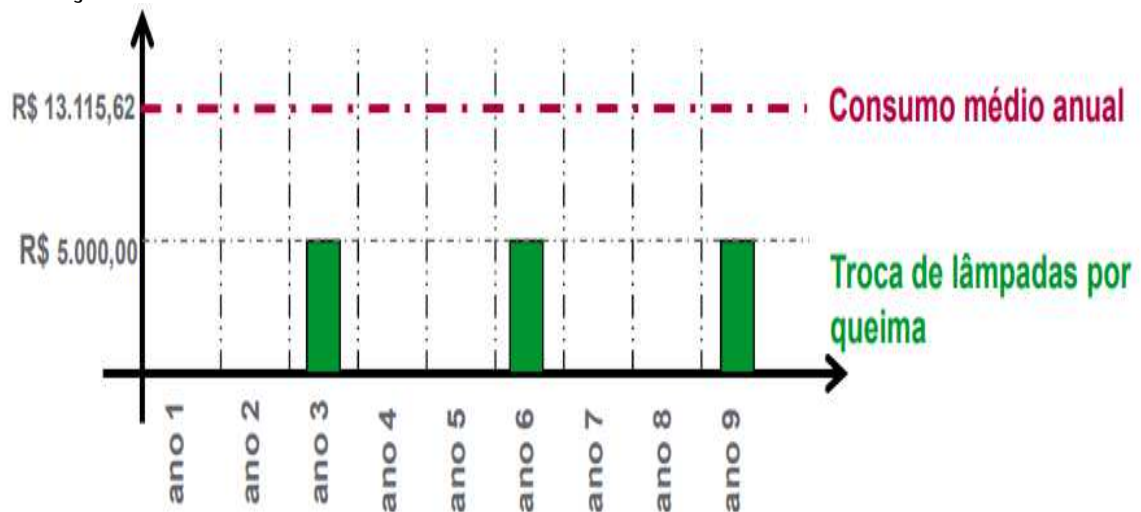
A automação está conectada a sensores de presença, sensores de luz natural, temporizadores, regulação (dimerização) de níveis de iluminação para os vários tipos de atividades, ou seja, a utilização da luz elétrica apenas quando, onde e pelo tempo necessário, não havendo desperdícios e economizando energia (ROIZENBLATT, 2017 apud SILVA, 2017).

Com a dimerização, por si só se consegue a redução no consumo de energia com iluminação. Um dimmer serve para controlar a intensidade da luz. E, por meio de uma programação, é possível deixar a lâmpada dimerizada para que fique com um valor mínimo quando o ambiente não estiver em uso; e depois aumentar a intensidade quando estiver ocupado. É possível ainda controlar a iluminação que vem de fora, programando a abertura e o fechamento das cortinas.

De acordo com Santos (2013), num estudo comparativo feito com e sem o uso dessas técnicas de automação, é possível inicialmente observar no gráfico 3 o consumo médio anual e o gasto com troca de lâmpada por queima em um sistema de iluminação sem automação. O estudo foi feito considerando a seguinte situação:

- 15 horas por dia;
- 90W (Equivalente a uma luminária com 2 lâmpadas de 36W + reator);
- 100 luminárias;
- R\$ 25,00 cada lâmpada;
- Vida útil das lâmpadas: 13.000 horas;
- Valor do kWh no Rio de Janeiro: R\$ 0,368 já com 15% de impostos;
- Dias trabalhados no mês: 22.

Gráfico 3 - Consumo de energia e troca de lâmpadas em um sistema sem automação

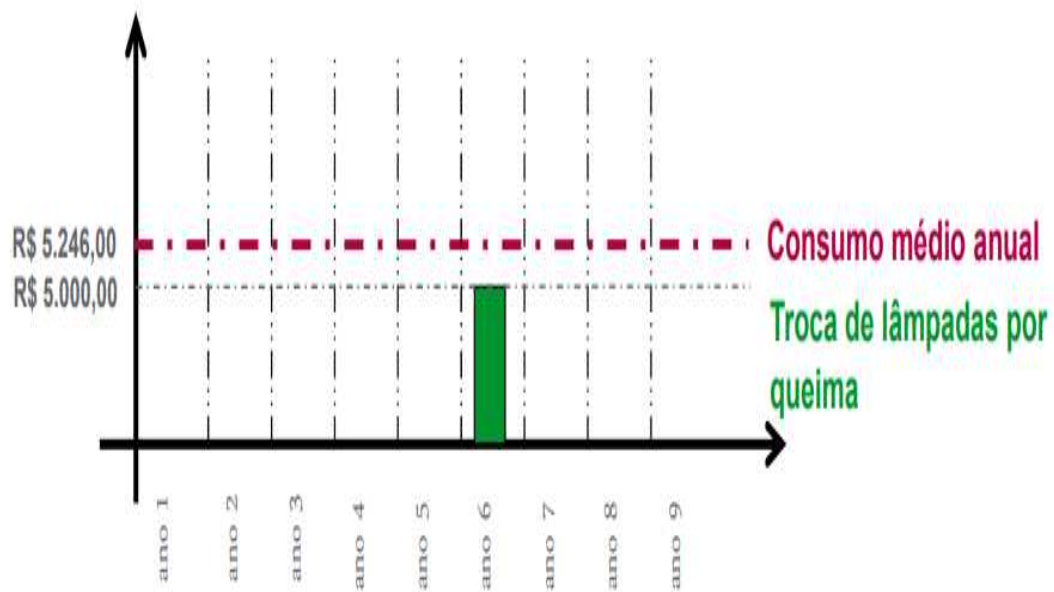


Fonte: Santos (2013)

O gráfico 4, por sua vez, mostra a economia de energia e troca de lâmpadas ao se empregar técnicas de automação. Condições consideradas:

- 10 horas por dia (Através de sensores de presença e movimento);
 - 54W (Equivalente a uma luminária com 2 lâmpadas de 36W + reator),
- Redução de 40% se comparado com o consumo anterior;
- 100 luminárias;
 - R\$ 25,00 cada lâmpada;
 - Vida útil das lâmpadas: 19.000 horas (Aumento de 50% por utilizar reatores dimerizáveis);
 - Valor do kWh no Rio de Janeiro: R\$ 0,368 já com 15% de impostos;
 - Dias trabalhados no mês: 22.

Gráfico 4 - Consumo de energia e troca de lâmpadas com automação



Fonte: Santos (2013)

2.4 SOFTWARE E HARDWARE USADOS NO PROJETO

Nessa seção será abordado assunto relacionado aos componentes eletrônicos (Hardware) e programas (Software) necessários para o desenvolvimento do projeto. Para utilização adequada destes, é necessário que se faça um estudo sobre suas características e o conhecimento de seus parâmetros descritos em documentos técnicos.

2.4.1 Arduino

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas como a luz de um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter e transformá-lo em uma saída ativando um motor, acendendo um LED, publicando algo online. É possível informar o seu hardware, o que fazer, enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador no hardware. Para isso, é utilizada a linguagem de programação Arduino (com base na fiação) e o software Arduino (IDE), com base no processamento (ARDUINO, 2017).

Ao longo dos anos, Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, desde objetos comuns até instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de fabricantes estudantes, artistas, programadores e profissionais se reuniram em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma incrível quantidade de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas (ARDUINO, 2017).

Existem vários modelos de Arduino. A figura 2 mostra os vários modelos de arduino mais populares.

Figura 2 - Arduino – Especificações por Modelo

	Arduino Pro Mini	Arduino Nano	Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Mega	Arduino Due
						
Microcontrolador	Atmega328	Atmega168(versão 2.x) ou Atmega328(versão 3.x)	Atmega328	Atmega32u4	Atmega2560	AT91SAM3X8E
Portas Digitais	14	14	14	20	54	54
Portas PWM	6	6	6	7	15	12
Portas Analógicas	8	8	6	12	16	12
Memória	16k (2k utilizado pelo bootloader)	16k(Atmega128) ou 32k(Atmega328), 2k para o bootloader	32k(0,5k utilizado pelo bootloader)	32k(4k utilizados pelo bootloader)	256k(8k utilizados pelo bootloader)	512k disponível para aplicação
Clock	8Mhz(modelo 3.3V) ou 16Mhz(modelo 5V)	16Mhz	16Mhz	16Mhz	16Mhz	84Mhz
Tensão de Operação	3.3V ou 5V a depender do modelo	5V	5V	5V	5V	3.3V
Conversor Usb/Serial	Não	Sim	Sim	Não, já possui interface usb nativa	Sim	Não, já possui interface usb nativa
Corrente Máxima E/S	40mA	40mA	40mA	40mA	40mA	130mA
Tensão de Alimentação	3.35 a 12V(modelo 3.3V) e 5 a 12V (modelo 5V)	7 – 12V	7 – 12V	7 – 12V	7 – 12V	7 – 12V

Fonte: Autocorerobotica (2016)

Neste trabalho de automação, não será usado nem um dos vários modelos de Arduino existentes. Porém sua abordagem é importante, pois será utilizada sua IDE (Integrated Development Environment) para programar o Módulo ESP8266 NodeCUM-12E.

2.4.2 Software Do Arduino

O software para programação do Arduino é uma IDE (Integrated Development Environment) que permite a criação de sketches para a placa Arduino. A linguagem de programação é modelada a partir da linguagem Wiring (Linguagem baseada em C/C++). Quando pressionado o botão upload da IDE, o código escrito é traduzido para a linguagem C e é transmitido para o compilador avr-gcc, que realiza a tradução dos comandos para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcontrolador.

A IDE apresenta um alto grau de abstração, possibilitando o uso de um microcontrolador sem que o usuário conheça o mesmo, nem como deve ser usado os registradores internos de trabalho.

A IDE do Arduino possui uma linguagem própria baseada na linguagem C e C++.

O Ciclo de programação do Arduino pode ser dividido da seguinte maneira:

1. Conexão da placa a uma porta USB do computador; 2. Desenvolvimento de um sketch com comandos para a placa; 3. Upload do sketch para a placa, utilizando a comunicação USB; 4. Aguardar a reinicialização, após ocorrerá à execução do sketch criado.

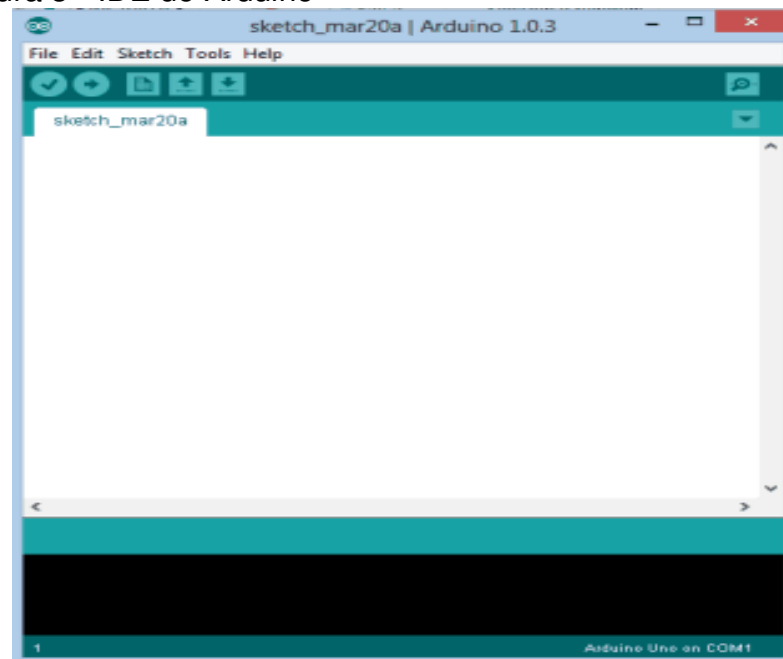
A partir do momento que foi feito o upload, o Arduino não precisa mais do computador: o Arduino executará o sketch criado, desde que seja ligado a uma fonte de energia (SOUZA, 2013).

2.4.3 IDE Do Arduino

A IDE pode ser baixada gratuitamente no site do Arduino, onde pode ser escolhida a melhor opção de download, conforme a plataforma utilizada.

Quando se abre a IDE do Arduino, será exibido algo semelhante à figura 3:

Figura 3 - IDE do Arduino



Fonte: Souza (2013)

A IDE é dividida em três partes: A Toolbar no topo, o código ou a Sketch Window no centro, e a janela de mensagens na base, conforme é exibido na figura anterior.

Na Toolbar há uma guia, ou um conjunto de guias, com o nome do sketch. Ao lado direito há um botão que habilita o serial monitor. No topo há uma barra de menus, com os itens File, Edit, Sketch, Tools e Help. Os botões na Toolbar fornecem acesso rápido às funções mais utilizadas dentro desses menus (SOUZA, 2013).

2.4.4 ESP8266

O microcontrolador ESP8266, produzido pela fabricante chinesa Espressit, é um microcontrolador de 32bits que inclui um núcleo microprocessador Tensilica L106, que funciona na frequência-padrão de 80MHz, podendo chegar a 160MHz. O processamento da pilha de protocolos Wi-Fi usa 20% da capacidade de processamento desse processador. Com isso, 80% dessa capacidade pode ser utilizada em aplicações do usuário. A memória disponível para dados dos programas tem cerca de 50kB, já descontando o espaço necessário para o padrão Wi-Fi. A memória disponível para o programa principal é de 4MB, em área acessível à atualização em funcionamento, também conhecida como OTA (Over-The-Air); além

de mais 512kB que não contam com esse recurso e só podem ser atualizados via cabo, em procedimento de atualização (OLIVEIRA, 2017).

A tensão nominal de funcionamento é de 3,3 volts. O consumo de energia conta com 20uA no modo sleep e cerca de 50mA conectado a um AP Wi-Fi (Access Points Wi-Fi) em modo de recepção. Na transmissão em potência máxima de 17dBm, a corrente de consumo pode chegar a 170mA.

Em relação às interfaces de entrada e saída, o ESP8266 tem 17 interfaces GPIO que podem ser configuradas como entradas ou saídas digitais. Tem também quatro interfaces de saída PWM e uma entrada analógica com 10 bits de precisão, por uma tensão de 3,3 volts, que é a tensão de funcionamento do ESP8266.

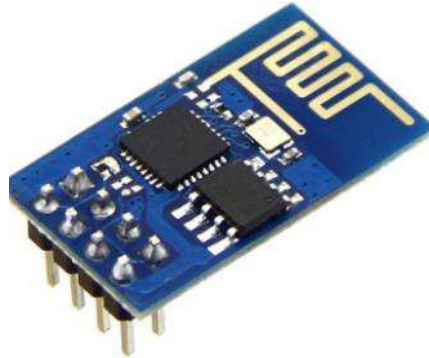
O ESP8266 tem, ainda, atualização OTA (Over The Air), que possibilita que seu firmware seja atualizado pela rede Wi-Fi, em vez de ser atualizado exclusivamente pela porta USB/Serial. Essa característica é muito importante na atualização de software para correção de erros, já depois de implantado. É possível que os dispositivos sejam atualizados periodicamente, assim como ocorre com os sistemas operacionais modernos (OLIVEIRA, 2017).

2.4.4.1 Módulos wireless com ESP8266

Há vários módulos disponíveis no mercado que usam o microcontrolador ESP8266. Os módulos com chip ESP8266 estão se popularizando rapidamente e são uma ótima alternativa para o projeto de IoT (Internet of Things, ou Internet das Coisas), pelo tamanho e praticidade. Os principais modelos e suas características são exibidos a seguir.

O módulo ESP8266 ESP-01 é o módulo mais comum da linha ESP8266. Ele é compacto (24,8 x 14,3 mm), e possui dois pinos GPIO que podem ser controlados conforme a programação. O ESP-01 pode ter o firmware regravado e/ou atualizado, utilizando interface serial. Uma pequena desvantagem desse tipo de módulo é a disposição dos pinos, que dificultam a utilização em uma protoboard, mas é possível facilmente utilizar um adaptador para módulo Wi-Fi ESP8266 ESP-01 ou jumpers macho/fêmea, por exemplo, (THOMSEN, 2016). Na figura 4, tem-se o módulo ESP8266 ESP-01.

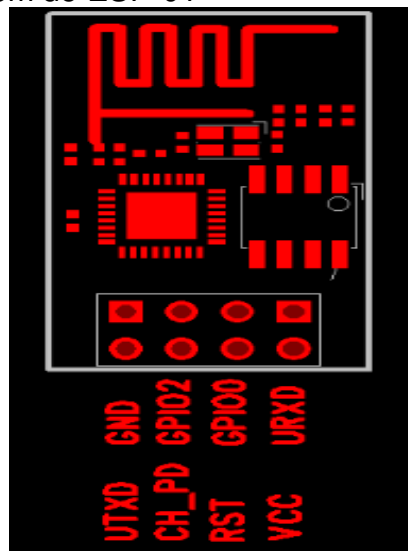
Figura 4 - Módulo ESP8266 ESP-01



Fonte: Thomsen (2016)

Adiante, na Figura 5, é mostrado o modelo ESP-01 com destaque para a sua pinagem, e logo adiante, uma breve explicação sobre cada pino e sua função.

Figura 5 - Pinagem do ESP-01



Fonte: Curvello (2015)

- Vcc: Tensão de alimentação 3,3V. Módulo consome até 300 mA;
- GND: Sinal de Terra GND;
- Tx: Sinal de Tx do módulo, a ser conectado no Rx do microcontrolador (Sinal em 3,3V);
- Rx: Sinal de Rx do módulo, a ser conectado no Tx do microcontrolador (Cuidado! Sinal em 3,3V!);
- RST: Sinal de Reset/Restart acionado em nível baixo (GND);
- CH_PD: Sinal de habilitação do chip (chip enable), usado para gravação de firmware ou atualização. Deve ser mantido em nível alto para operação normal;

- GPIO0: Pode ser controlado pelo firmware, e deve ser colocado em nível baixo (GND) para modo update, ou em nível alto para operação normal;
- GPIO2: I/O que pode ser controlada pelo firmware;
- LED: Quando está ligado, fica aceso em cor Vermelha, e aciona a cor Azul para indicar atividade. Pisca uma vez para indicar momento de boot.

O módulo Wi-Fi ESP8266 ESP-05 é um módulo um pouco diferente das outras placas da linha ESP8266, pois não possui portas que se possa usar para acionar dispositivos ou ler dados de sensores. Por outro lado, é uma alternativa interessante para projetos de IoT quando se precisa de uma boa conexão de rede/internet por um baixo custo. Pode ser utilizado, por exemplo, para montar um web server com Arduino ou efetuar uma comunicação de longa distância entre placas como Arduino/Arduino, Arduino/Raspberry, etc. Não possui antena onboard, mas tem um conector para antena externa onde se pode usar um cabo pigtail U.FL e uma antena SMA, aumentando consideravelmente o alcance do sinal Wi-Fi. Na figura 6, tem-se o módulo ESP8266 ESP-05.

Figura 6 - Módulo ESP8266 ESP-05



Fonte: Thomsen (2016)

O módulo ESP8266 ESP-07 (Figura 7) também é um módulo compacto (20 x 16 mm), mas com um layout diferente, sem os pinos de ligação. O módulo conta com uma antena cerâmica embutida, e também um conector U-FI para antena externa. Esse módulo tem 9 GPIOs, que podem funcionar como pinos I2C, SPI e PWM. O layout do módulo permite que ele seja integrado facilmente a uma placa de circuito impresso, muito utilizado em projetos de automação residencial.

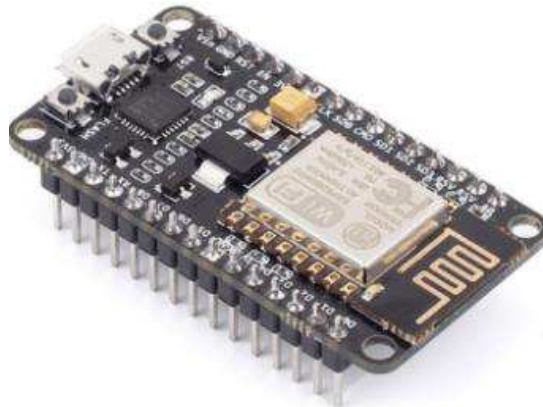
Figura 7 - Módulo ESP8266 ESP-07



Fonte: Thomsen (2016)

O Módulo ESP8266 NodeMCU-12E (Figura 8) é uma placa de desenvolvimento completa, que além do chip ESP8266 conta com um conversor TTL-Serial e um regulador de tensão 3.3V. É um módulo que pode ser encaixado diretamente na protoboard e dispensa o uso de um microcontrolador externo para operar, já que pode ser facilmente programado utilizando LUA. Possui 11 pinos de GPIO (I2C, SPI, PWM), conector micro-usb para programação/alimentação e botões para reset e flash do módulo.

Figura 8 - Módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E



Fonte: Thomsen (2016)

Neste trabalho de Automação Residencial de Baixo Custo Aliada à Eficiência Energética será usado um módulo ESP8266 NodeMCU-12E. Além do seu baixo custo, ele dispensa o uso de um microcontrolador externo para operar.

Programar o NodeMCU pode ser tão fácil quanto programar o Arduino. A principal diferença está na pinagem. Conhecer bem os pinos de ligação do ESP8266

Figura 10 - Sensor PIR

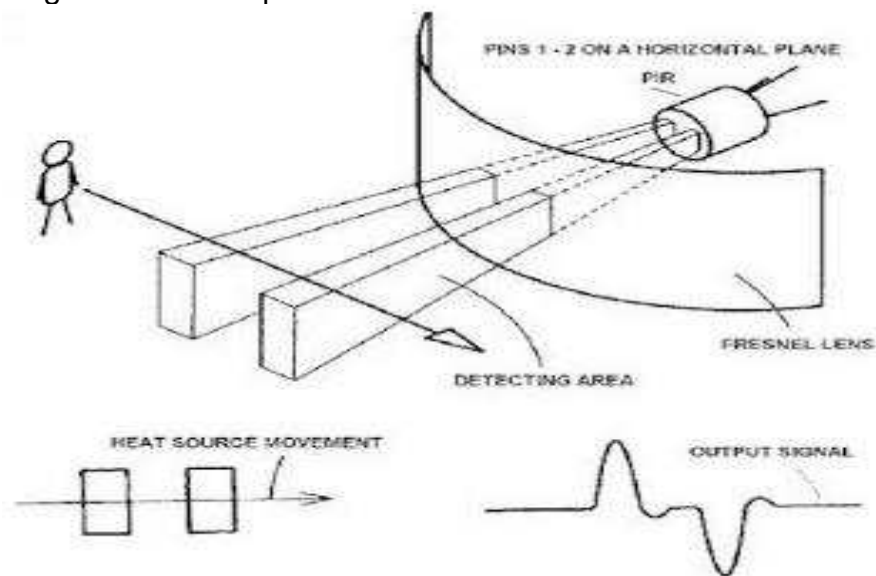


Fonte: Moraes (2012)

Dentro desse sensor, há dois elementos piroelétricos que podem detectar em uma faixa específica determinados espectros de radiação.

Quando alguém passa na frente desse sensor, primeiramente a pessoa passará na zona de detecção do primeiro elemento piroelétrico e depois na zona de detecção do segundo elemento. Quando a pessoa passa pelo primeiro, ele gera um pulso de tensão na saída, quando ele passa na frente do outro, ele gera um pulso de tensão de sinal contrário. Tal como mostrado na figura 11.

Figura 11 - Princípio de funcionamento do sensor PIR



Fonte: Mota (2017a)

Neste trabalho de Automação Residencial De Baixo Custo Aliada À Eficiência Energética, será usado um módulo sensor PIR HC-SR501, que será usado como um sensor de presença, acionando uma lâmpada quando detectar a presença de pessoas no ambiente.

2.4.5.1 Módulo sensor PIR HC-SR501

O PIR HC-SR501 (Figura 12) é um sensor de presença que é dotado de alta sensibilidade e confiabilidade e pode ser usado com placas como Arduino, bem como diretamente sem o auxílio de microcontroladores. Sua tensão de alimentação pode estar entre 4.5V e 20V. Sua saída digital opera em 3.3V, podendo ser ligado tanto a placas de 5V como de 3.3V.

Tal como os demais detectores de presença, ele também possui um sensor piroelétrico por baixo do domo branco. Vale ressaltar que esse domo branco tem uma função importante, ele aumenta a zona de alcance do sensor.

Figura 12 - Módulo Sensor PIR HC-SR501



Fonte: Mota (2017a)

Este módulo já vem com todo sistema para tratamento do sinal e, por isso, o funcionamento deste sensor é bastante simples, de modo que, basta alimentar o mesmo, esperar a inicialização completa e, a partir deste momento, quando algum corpo emissor de radiação infravermelha passar pelo alcance do sensor, o pino de saída deste proporcionará um sinal de nível alto em seu terminal, que, por sua vez, pode ser utilizado por uma placa Arduino como sinalização da presença de algum elemento. A figura 13 mostra a parte interna do módulo.

Figura 13 - Parte interna do Módulo PIR HC-SR501



Fonte: Mota (2017a)

O sensor HC-SR501 possui dois potenciômetros na parte traseira onde, em um deles, é possível seleccionar o tempo em que o pino de saída citado ficará em nível alto quando o sensor detectar algo (este tempo pode variar de 5 segundos a 2 minutos e meio), enquanto o segundo possui a funcionalidade de ajustar a distância máxima de percepção do sensor, de modo que, é possível configurar esta sensibilidade para valores em torno de 3 a 7 metros. A figura 14 mostra com mais detalhes.

Figura 14 - Detalhes Sensor PIR HC-SR501



Fonte: Mota (2017a)

2.4.6 Relé

Tendo o seu surgimento em torno do século XIX, o Relé é um dispositivo eletromecânico, formado por um magneto móvel, que se desloca unindo dois contatos

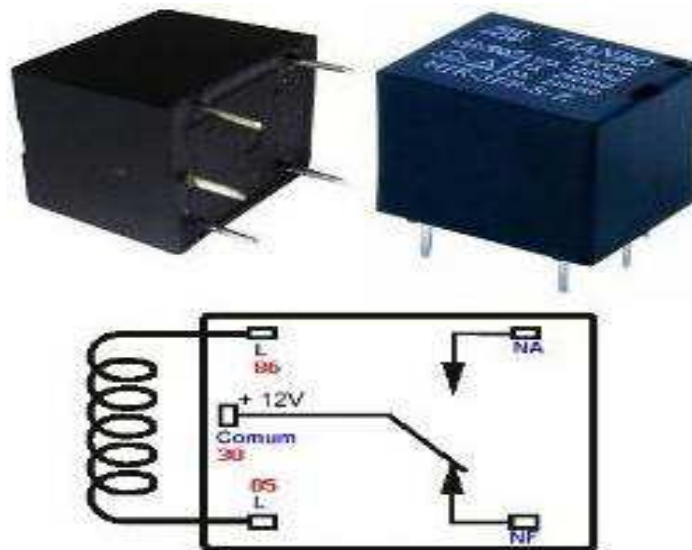
metálicos. Uma característica importante é que ele pode ser energizado com correntes muito pequenas quando comparada com a corrente que o circuito controlado requer para funcionar. Assim, é possível controlar circuitos com altas correntes (por exemplo, motores, lâmpadas, máquinas industriais) utilizando dispositivos eletrônicos como transistores, circuitos integrados e fotoresistores, que fornecem baixas correntes. O Relé foi muito utilizado nos sistemas telefônicos no tempo das centrais analógicas nas localidades mais remotas (SANTOS, 2017).

2.4.6.1 Funcionamento dos relés

É possível considerar o funcionamento dos relés bem simples, estes trabalham da seguinte forma: quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos.

Apresenta-se na Figura 15 um relé mais comumente usado. Este relé tem 5 (cinco) terminais: L (1), C (comum), L (2), NA (normalmente aberto) e NF (normalmente fechado). Ao receber tensão de 12 volts pelos terminais L1 e L2 ele fecha o circuito entre os terminais C e NA e abre o circuito entre os terminais C e NF.

Figura 15 - Relé



Fonte: Silva (2016)

2.4.6.2 Módulo relé

O Módulo Relé é ideal para acionar uma lâmpada ou outra carga que exija até no máximo 10 A contínuos utilizando o Arduino ou qualquer outro microcontrolador. A corrente direta fornecida por um transistor de pequena potência da ordem de 0,1 A não é o bastante para controlar um motor ou uma lâmpada, porém esta corrente consegue ativar um relé para através deste controlar a carga que possui maior potência.

Na figura 16, pode-se observar a pinagem do módulo relé de 2 canais. No lado esquerdo superior os pinos JD-Vcc, Vcc e GND, que permitem que seja conectada uma fonte externa de 5V. Abaixo, os pinos GND, IN1 (aciona o relé 1), IN2 (aciona o relé 2), e o Vcc. Ao lado dos relés, os contatos NC (Normal Fechado), C (Comum), e NA (Normal Aberto).

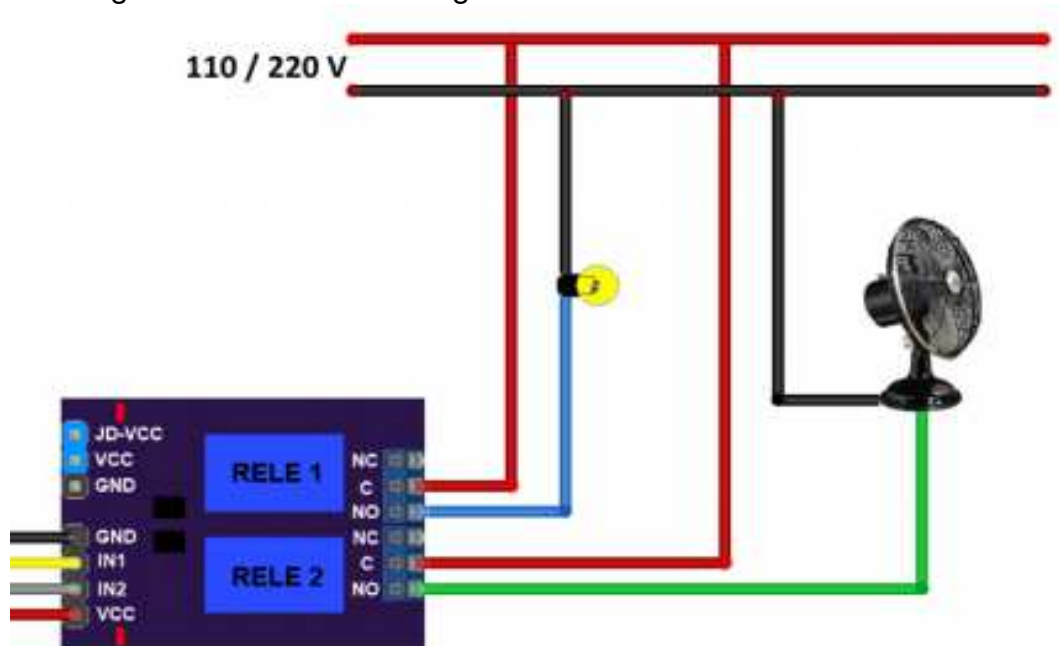
Figura 16 - Módulo Relé 2 canais



Fonte: Thomsen (2013)

Acionar os dois relés é muito simples e para isso é preciso apenas mudar o estado das portas digitais ligadas aos pinos IN1 e IN2. Um detalhe importante desse módulo é que os relés são ativados em nível baixo, ou seja, quando o estado da porta estiver em LOW, o relé será acionado. A figura 17 mostra como os dispositivos elétricos podem ser acionados usando um módulo relé.

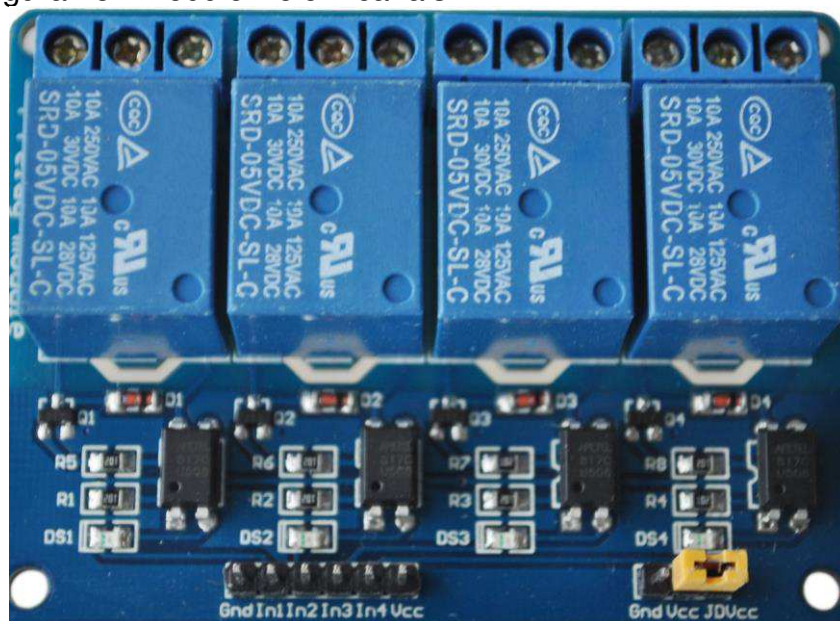
Figura 17 - Acionando cargas com módulo relé



Fonte: Autor (2017)

Será usado neste projeto um módulo relé de 4 canais (Figura 18), que é um módulo semelhante ao módulo apresentado na figura 16, a diferença é que tem mais conexões que permitem ligar ou desligar 4 dispositivos, bem como lâmpadas ou outros dispositivos ligados ao módulo.

Figura 18 - Módulo Relé 4 canais



Fonte: Reis (2014)

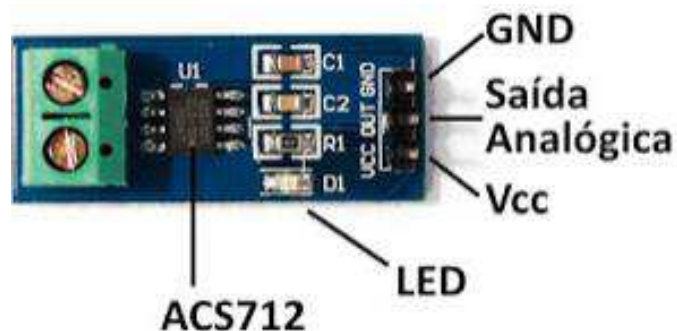
2.4.7 Sensor De Corrente

Sensor de Corrente é um componente eletrônico desenvolvido para aplicação em diversos circuitos elétricos. Por meio do Arduino, ou outras plataformas de prototipagem, é possível, aplicando o módulo sensor de corrente, medir o consumo de motores, por exemplo. A medição desta corrente é necessária para calcular o consumo de determinado eletrônico e, conseqüentemente, mensurar o tempo de duração da carga de uma bateria, por exemplo; ou, para ao final do mês, aferir o consumo de um eletrodoméstico. É uma informação importante que pode servir para diagnosticar se determinado circuito anda consumindo mais energia do que deveria, entre outros fins.

2.4.7.1 Módulo sensor de corrente

A figura 19 mostra com mais detalhes um módulo ACS712 com seus respectivos pinos de ligação.

Figura 19 - Módulo Sensor de Corrente ACS712



Fonte: Arduino e Cia (2016), adaptado pelo Autor (2017)

A utilização do sensor de efeito hall detecta o campo magnético gerado pela passagem de corrente, isolando completamente os bornes de ligação e os pinos Vcc, GND e OUT.

Esse sensor é do tipo invasivo, ou seja, é necessário interromper o circuito para realizar a medição, diferente de outros sensores em que se pode apenas envolver um dos fios do circuito para medir a corrente. Isso faz do sensor de corrente

ACS712 uma ótima opção para instalações permanentes, como, por exemplo, em projetos de automação residencial e monitoração à distância (ARDUINO E CIA, 2017).

2.4.8 Sensor LDR

O LDR, sigla em inglês de Light-Dependent Resistor, que significa resistor dependente de luz, nada mais é que o próprio nome já diz. Tipicamente, quanto maior a luz incidente nesse componente, menor será sua resistência. O sensor LDR pode ser observado na figura 20 (MOTA, 2017b).

Figura 20 - Sensor LDR



Fonte: Mota (2017b)

O LDR é constituído de um semicondutor de alta resistência, que ao receber uma grande quantidade de fótons oriundos da luz incidente, ele absorve elétrons que melhoram sua condutibilidade, reduzindo assim sua resistência.

Dessa forma, esse semicondutor pode assumir resistências na ordem de mega Ohm no escuro e resistências na ordem de poucas centenas quando exposto à luz (MOTA, 2017b).

Como o LDR varia sua resistência de acordo com a intensidade da luz, será utilizada uma porta analógica do Arduino para ler esta variação. Assim, será possível controlar uma lâmpada de acordo com a quantidade de “luz” no ambiente.

2.4.9 MIT App Inventor

MIT App Inventor é uma introdução para programação e criação de aplicativos que transforma uma linguagem de texto complexa em visual. A interface gráfica simples possibilita que um usuário iniciante consiga criar aplicativos funcionais

com facilidade, mesmo com pouco tempo de aprendizado. MIT App Inventor foi criado em 2009 e possibilita a criação online de aplicativos para plataforma Android e conta, hoje em dia com uma comunidade de aproximadamente 3 milhões de usuários em 195 países (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2017).

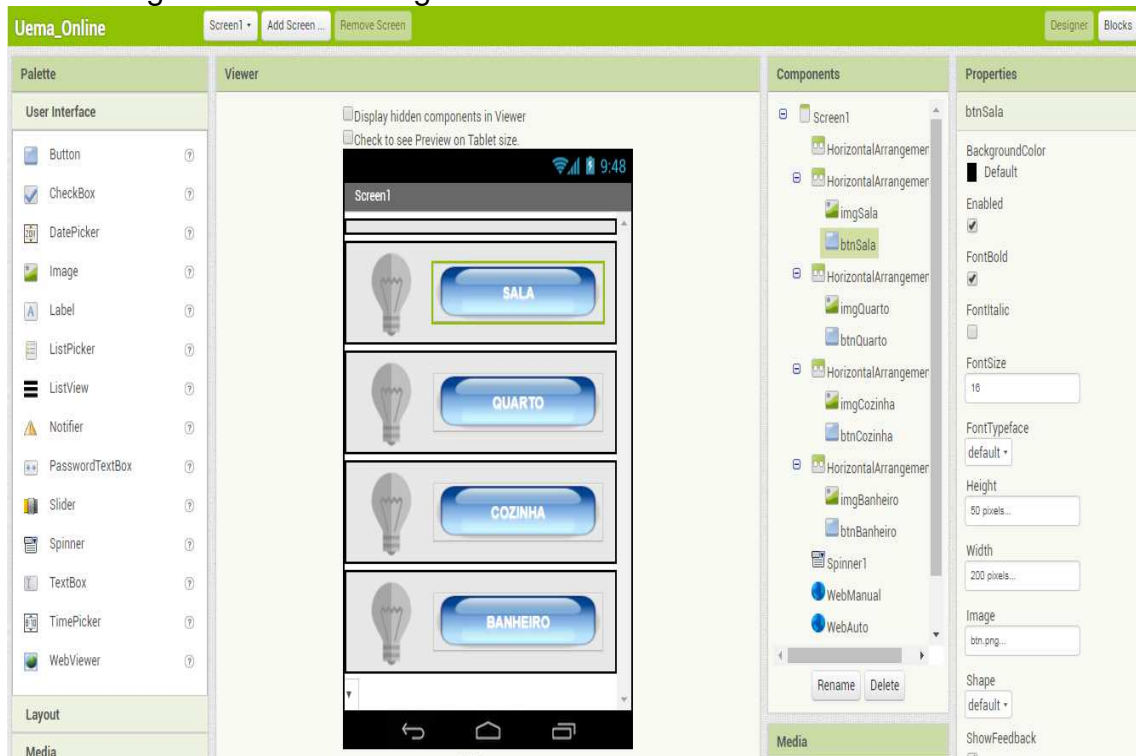
Para o desenvolvimento da aplicação móvel usada para controlar o sistema, foi utilizado o MIT APP Inventor II, que é uma ferramenta gratuita que oferece uma introdução ao desenvolvimento de aplicativos para a plataforma móvel Android. Com ela, é possível desenvolver tais aplicativos sem a necessidade de conhecimento técnico em linguagem de programação. Ele substitui esse método, que exige um conhecimento técnico mais avançado para desenvolver um aplicativo, por uma simples interface visual onde as tarefas são basicamente arrastar botões e blocos lógicos que são equivalentes aos blocos de funções da linguagem de programação. Com isso, um usuário comum que não tenha o conhecimento técnico exigido para a construção de aplicativos utilizando linguagens de programação pode desenvolver seus projetos apenas dedicando algumas horas de estudo.

Para fazer uso da ferramenta é necessário apenas que se tenha uma conta de e-mail do Google, não é necessário nenhum tipo de download ou de instalação, o que facilita a sua portabilidade. Através dessa conta, se faz o acesso à página do APP Inventor e, a partir disso, já se pode criar um novo projeto que ficará salvo na própria conta do usuário.

A ferramenta possui duas áreas principais para o desenvolvimento. São elas a parte “Designer” e a parte “Blocks”. O usuário pode alternar entre elas usando os botões na parte superior direita.

Na parte “Designer”, mostrada na Figura 21, é onde são feitos os componentes visuais do aplicativo a ser desenvolvido. São eles: botões, caixas de texto, imagens de fundo, títulos, entre outros. Também é nessa parte que são definidas as disposições e tamanhos desses componentes na tela. Ou seja, é onde será definido tudo que será apresentado visualmente ao usuário do aplicativo.

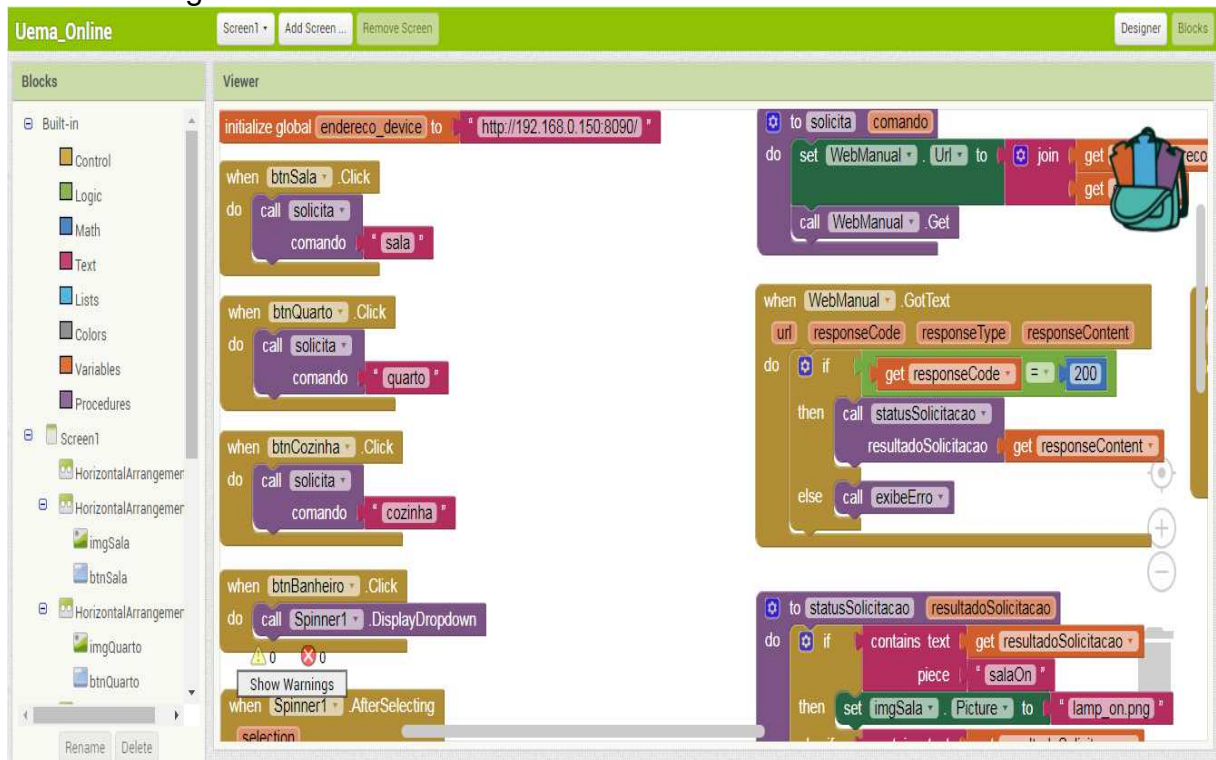
Figura 21 - Aba Designer do APP Inventor



Fonte: Autor (2017)

Na parte “Blocks”, mostrada na Figura 22, é onde se define a funcionalidade do projeto. É nela que são criados os blocos funcionais que irão gerar um programa que executará as funções desejadas pelo usuário. Para tal, são usados blocos de função que são como peças de um quebra-cabeça que inclui variáveis, texto, estruturas de controle, blocos lógicos, procedimentos, funções matemáticas, listas etc. Tudo isso tendo como base a interface gráfica já criada na parte “Designer”.

Figura 22 - Aba Blocks do APP Inventor



Fonte: Autor (2017)

3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será apresentado o desenvolvimento do protótipo do projeto proposto, passo a passo, tomando por referência os conceitos descritos no capítulo anterior.

3.1 SISTEMA PROPOSTO

O sistema a ser desenvolvido consiste em uma central de automação, onde o usuário poderá gerenciar melhor sua casa, pois será possível ver em tempo real o status da casa, assim o usuário terá a possibilidade de ter mais controle sobre os dispositivos ativos e, com isso, ter maior eficiência no uso na energia elétrica. Em outras palavras, esse sistema será controlado remotamente via WI-FI pelo usuário através de um aplicativo instalado em um telefone celular.

3.2 FERRAMENTAS

3.2.1 Programar O Módulo ESP8266 NodeMCU-12E Com IDE Arduino

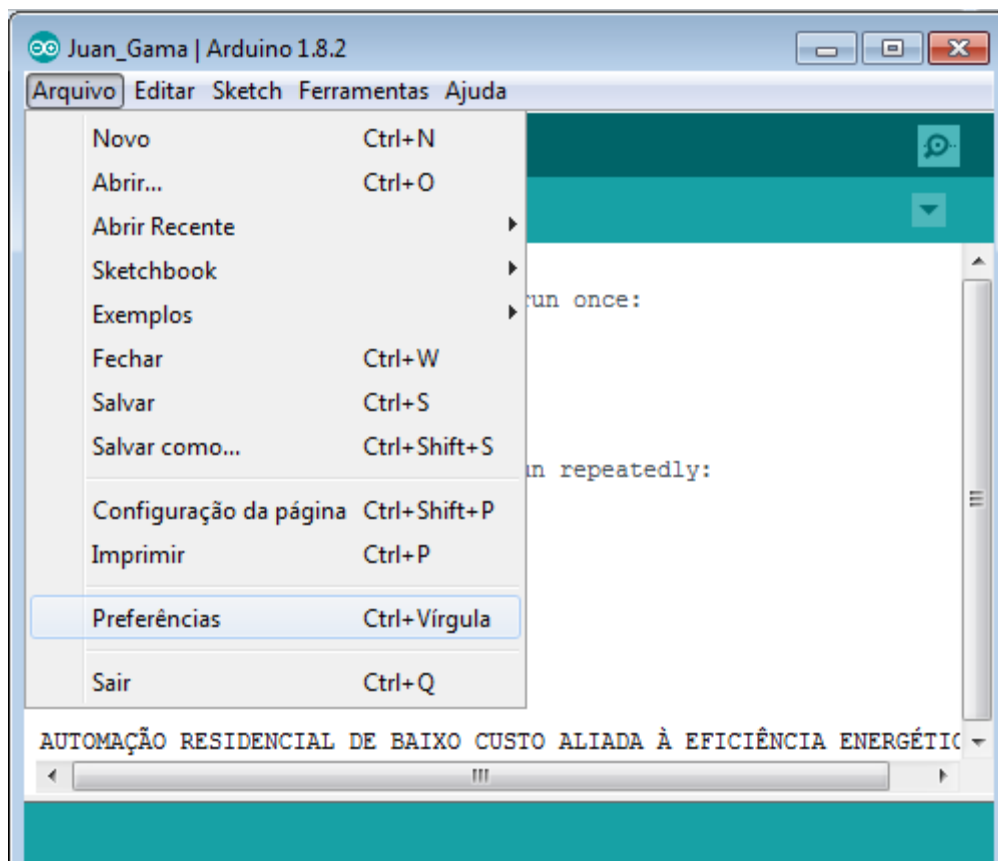
O primeiro ambiente de programação a ser apresentado para o microcontrolador ESP8266 é baseado na linguagem de programação LUA. Desenvolvida no Departamento de Ciência da Computação da PUC-Rio, e amplamente utilizada em todo o mundo, seja para aplicações embarcadas, gráficas ou animações, a linguagem Lua é poderosa, mas, ao mesmo tempo, simples, leve e aberta; facilitando sua utilização e integração nas mais diversas aplicações. Em nosso caso, usaremos a IDE do Arduino para programar o Módulo ESP8266 NodeMCU-12E devido a maiores facilidades e costume com a programação nessa IDE.

A IDE do Arduino pode ser usada para programar o Módulo ESP8266 NodeMCU-12E, ou qualquer módulo que utilize o microcontrolador ESP8266. E a maior parte dos exemplos e programas disponíveis para Arduino pode também ser compilada e carregada nos módulos com esse microcontrolador.

Diferentemente da linguagem Lua, a programação com ambiente Arduino não requer firmware. O código, escrito em um subconjunto da linguagem C++, é compilado em um bloco monolítico e gravado diretamente na memória de programa do Módulo ESP8266 NodeMCU-12E.

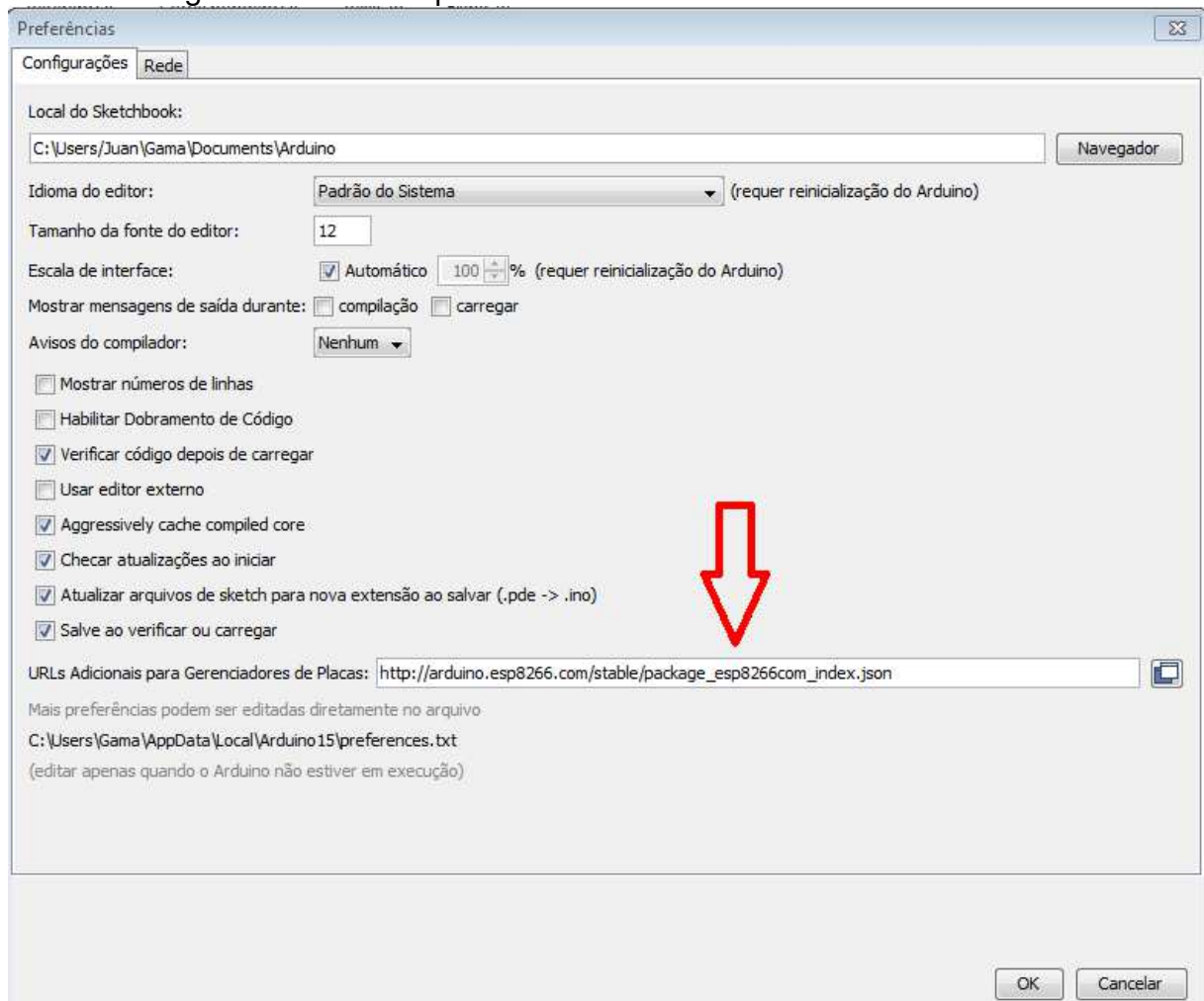
Para dar início aos trabalhos, é necessário fazer o download do ambiente de desenvolvimento Arduino, que pode ser feito de graça no site do Arduino (<http://www.arduino.cc>). Depois de instalado o ambiente Arduino, é preciso entrar na IDE do Arduino e clicar em **Arquivo** e depois em **Preferências**, assim como mostrado na figura 23; a tela da figura 24 será apresentada. Em seguida, deve-se adicionar ao campo **URLs adicionais de Gerenciadores de Placas** a seguinte URL: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.

Figura 23 - IDE do Arduino



Fonte: Autor (2017)

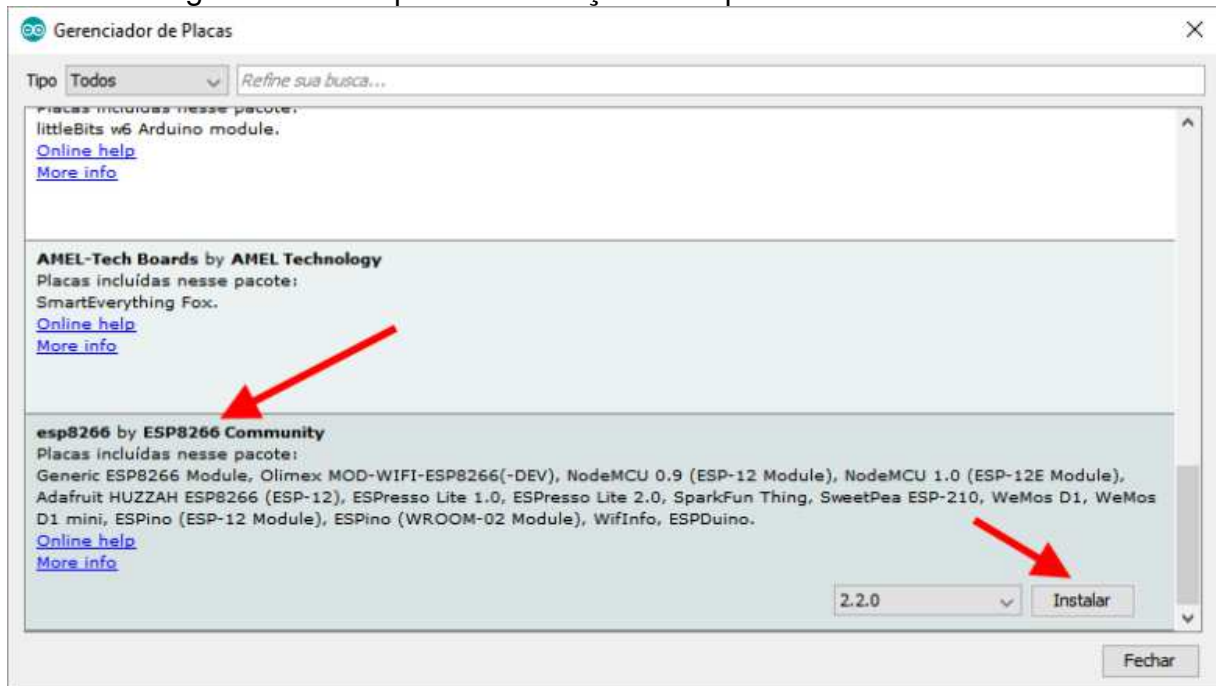
Figura 24 - Tela de preferências da IDE Arduino



Fonte: Autor (2017)

Depois, deve-se acessar o menu **Ferramentas** e, então, a Placa e o Gerenciador de Placas. Na caixa de diálogo que surgirá, mostrada na Figura 25, há uma opção para instalar o suporte à placa ESP8266. Deve ser instalada a versão mais nova disponível.

Figura 25 - Tela para a instalação do suporte ao ESP8266 na IDE Arduino



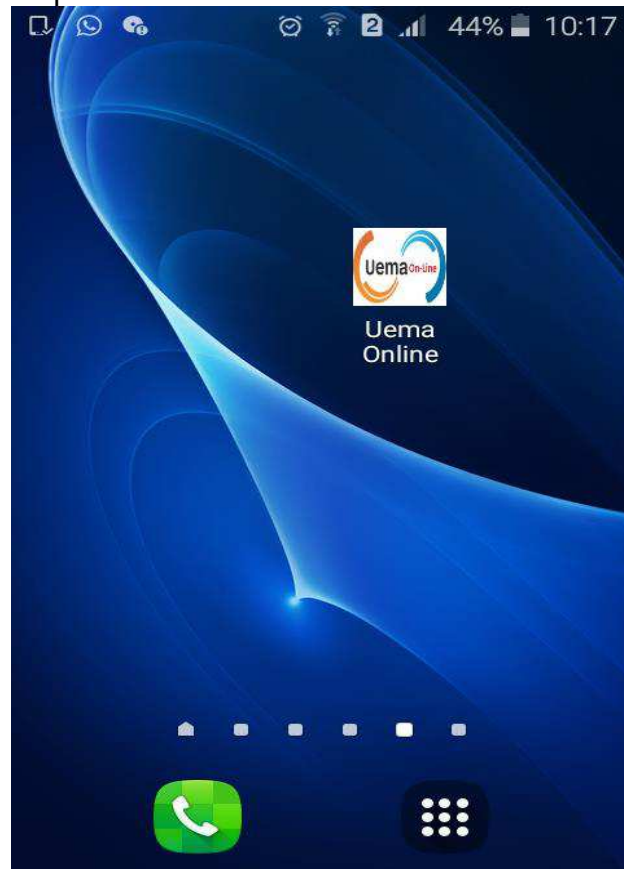
Fonte: Autor (2017)

Depois da configuração, é possível compilar e carregar os programas normalmente no Módulo ESP8266 NodeMCU-12E, bem como em qualquer outro módulo baseado no ESP8266.

3.2.2 O Aplicativo

Para que a iluminação da casa pudesse ser controlada remotamente, foi criado um aplicativo para smartphone, denominado “UEMA-Online” (Figura 26), o qual é capaz de enviar sinal WI-FI. Para tal, foi usada a ferramenta APP Inventor II, descrita na seção 2.4.9 do presente trabalho.

Figura 26 - Aplicativo UEMA-Online



Fonte: Autor (2017)

Todas as funções do aplicativo estão disponíveis em uma única tela, que é justamente a tela inicial, mostrada na Figura 27. A tela é subdividida em quatro blocos: sala, quarto, cozinha, banheiro. A separação foi feita de acordo com a função que cada botão dentro dos blocos desempenha.

Com esse aplicativo é possível controlar lâmpadas de uma residência, verificando o status de cada lâmpada.

Figura 27 - Tela inicial do aplicativo



Fonte: Autor (2017)

Na figura 28, verificamos que o aplicativo UEMA-Online tem mais duas opções de controle das lâmpadas. O usuário define se a lâmpada vai ser controlada pelo sensor PIR (Presença) ou pelo sensor LDR (Luminosidade), tendo assim mais controle sobre os dispositivos, o que resulta no uso mais eficiente de energia.

Figura 28 - Modos de uso

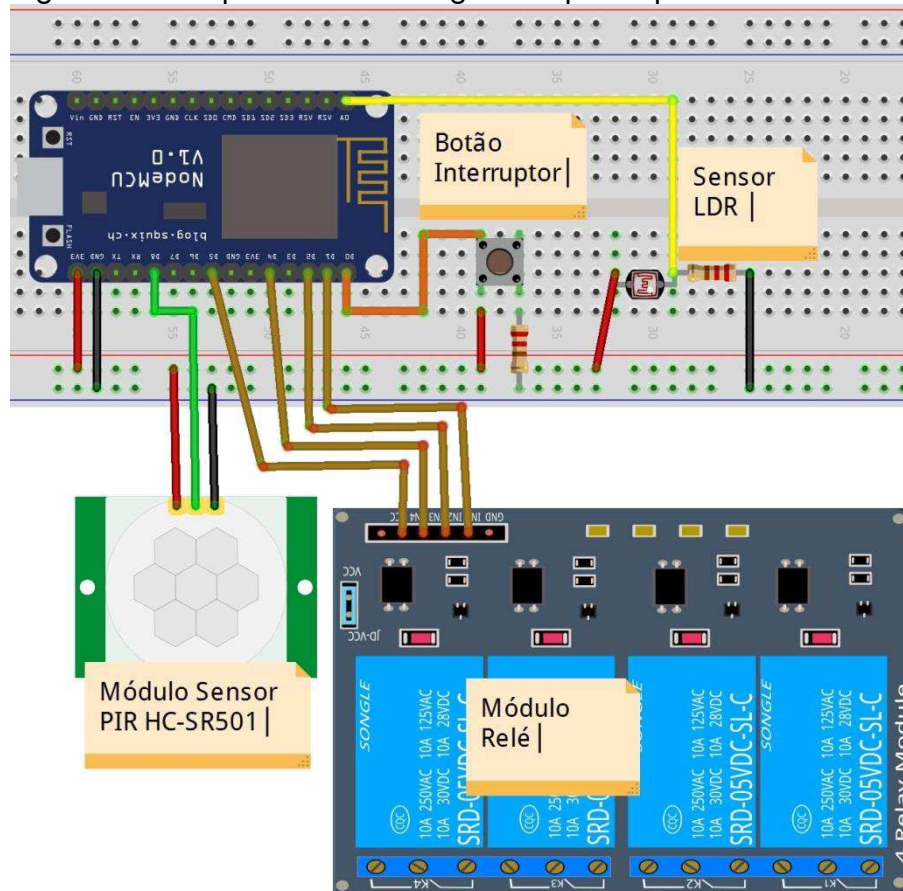


Fonte: Autor (2017)

3.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Para a montagem do protótipo do sistema de Automação Residencial de Baixo Custo Aliada à Eficiência Energética, foi utilizada uma protoboard para que se pudesse realizar os testes iniciais. A figura 29 mostra como cada componente é configurado na protoboard.

Figura 29 - Esquema de montagem do protótipo



Fonte: Autor (2017)

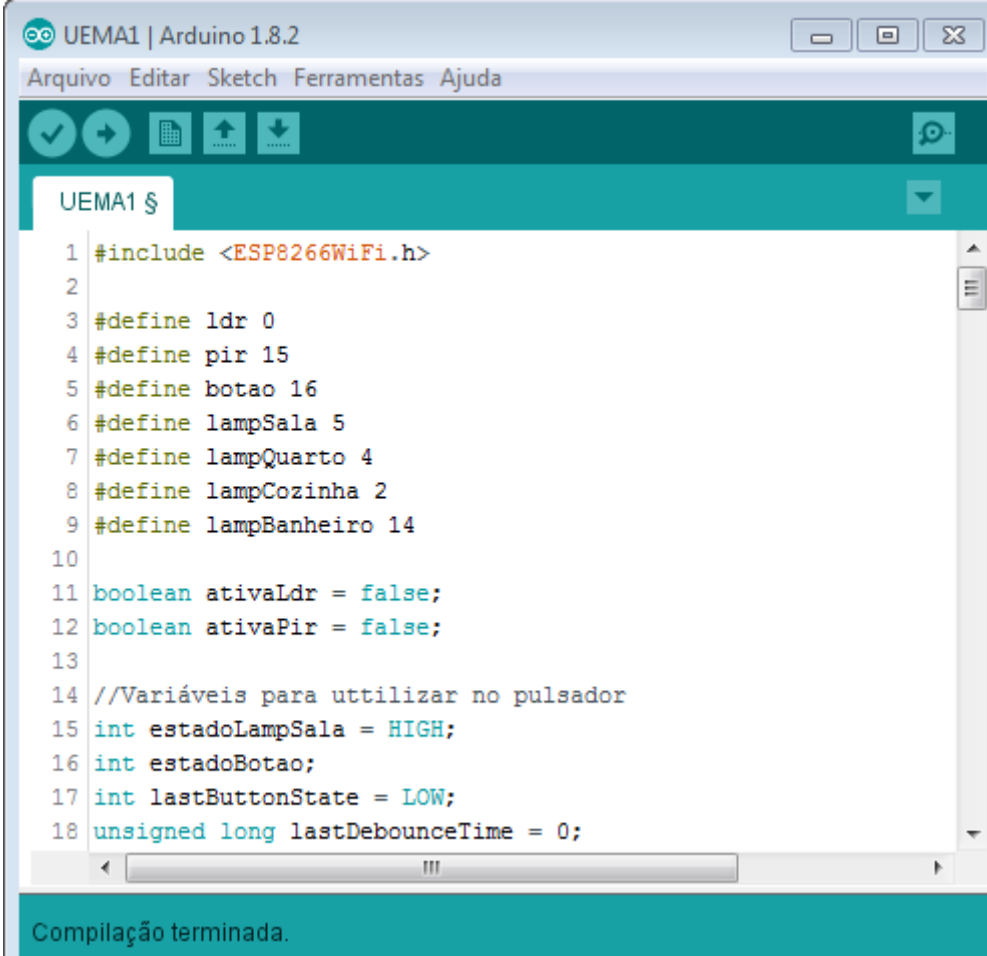
Para que sejam feitas as ligações corretas, é necessário saber onde está cada pino do Módulo ESP8266 NodeMCU-12E, tema já anteriormente abordado neste trabalho.

3.3.1 Descrição

Como se pode observar na figura 29, o sensor LDR, através de um resistor de 10K Ohms, é ligado ao pino A0, trata-se de uma entrada analógica que foi configurada para ler o sensor LDR e acionar o circuito da lâmpada de acordo com a luminosidade do ambiente. O Sensor PIR HC-SR501 está ligado ao pino D8 (GPIO15), onde foi configurado para receber sinais de presença do sensor PIR, assim ativando a lâmpada, caso haja pessoas no ambiente. O botão interruptor ligado no pino D0 (GPIO16) é usado como um interruptor de lâmpadas, ele liga e desliga a lâmpada com um simples apertar do botão. Um detalhe importante nesse projeto é que se a lâmpada

for acionada pelo botão interruptor, automaticamente o status da lâmpada do aplicativo muda. Isso é importante para que o usuário tenha mais controle sobre o verdadeiro status das lâmpadas (ligadas ou desligadas). As portas D1 (GPIO5), D2 (GPIO4), D4 (GPIO2) e D5 (GPIO14) estão configuradas na programação como saídas digitais, são portas responsáveis por acionar os relés para as lâmpadas. A figura 30 mostra como essas portas estão definidas na programação elaborada.

Figura 30 - Definição das portas do módulo ESP8266



```

UEMA1 | Arduino 1.8.2
Arquivo  Editar  Sketch  Ferramentas  Ajuda

UEMA1 $
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2
3 #define ldr 0
4 #define pir 15
5 #define botao 16
6 #define lampSala 5
7 #define lampQuarto 4
8 #define lampCozinha 2
9 #define lampBanheiro 14
10
11 boolean ativaLdr = false;
12 boolean ativaPir = false;
13
14 //Variáveis para utilizar no pulsador
15 int estadoLampSala = HIGH;
16 int estadoBotao;
17 int lastButtonState = LOW;
18 unsigned long lastDebounceTime = 0;

Compilação terminada.
  
```

Fonte: Autor (2017)

3.4 CUSTOS

A tabela 5 mostra os custos para a montagem do protótipo. Fica evidenciado o baixo custo empregado.

Tabela 5 - Custos da montagem do protótipo

Componentes	Preço (R\$)
Módulo ESP8266 NodeMCU-12E	12,00
Módulo Sensor PIR HC-SR501	5,00
Sensor LDR	2,00
Módulo Relé	10,00
TOTAL	29,00

Fonte: Autor (2017)

4 CONCLUSÃO

Tomando como base a revolução tecnológica que a humanidade vivencia atualmente e a vasta gama de possibilidades que esta pode oferecer, o presente trabalho trouxe um exemplo de como o seu uso adequado a certas situações pode oferecer alternativas para a realização de atividades cotidianas, como o acendimento de lâmpadas em uma residência.

Conclui-se que é possível desenvolver um sistema de automação residencial de baixo custo por meio de técnicas de automação que incentivem o usuário a ter mais controle sobre o sistema de iluminação de sua casa, gerando assim mais eficiência no uso da energia elétrica.

Num cenário nacional de cada vez maior preço da conta de energia, medidas como as adotadas neste trabalho só vêm a contribuir para que haja maior economia e aproveitamento da energia elétrica. A grande tendência para as próximas décadas é o uso mais racional deste recurso, o que representará não apenas economia, mas também preservação do meio ambiente, tão necessária para garantir o futuro das próximas gerações.

REFERÊNCIAS

ARDUINO E CIA. **Como usar o sensor de corrente ACS712**. Disponível em: <<http://www.arduinoecia.com.br/2016/04/como-usar-o-sensor-de-corrente-ac712.html/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

ARDUINO. **What is arduino?** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 10 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ABESCO. **O que é Eficiência Energética? (EE)**, fev. 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

AURESIDE. **Benefícios para moradores/proprietários**. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/quemsomos/default.asp?file=beneficios.asp>>. Acesso em: 20 set. 2017.

AUTOCOREROBOTICA. **Qual Arduino usar em seu projeto?** Disponível em: <<http://autocorerobotica.blog.br/qual-arduino-utilizar-em-seu-projeto/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

BOLZANI, Caio Augusto Moraes. **Residências inteligentes e o novo contexto do século XXI**, jan. 2012. Disponível em: <<http://bolzani.com.br/artigos/autom02.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

BOLZANI, Caio Augusto Moraes. Desmistificando a Domótica. **AURESIDE**, out. 2007. Disponível em: <<http://aureside.blogspot.com.br/2015/08/desmistificando-domotica.html>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. 2010. 155 f. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

CURVELLO, André. Apresentando o módulo ESP8266. **Embarcados**, abr. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota Técnica DEA 14/10 - Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**, 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20100809_4.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - INEE. **A Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético**, 2001. Disponível em: <http://www.inee.org.br/download/escos/EE_Novo%20Modelo.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.

JANNUZZI, Gilberto de Martino et al. **Recomendações para uma estratégia regulatória nacional de combate ao desperdício de eletricidade no Brasil**. USAID-Brasil, 2000, 189p.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. About us. **Mit App Inventor**. Disponível em: <<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>>. Acesso em: 10. out. 2017.

MORAES, Marcelo. Sensor de Movimento - Pyroelectric Infra Red Sensor - PIR. **Arduino by my self**, nov. 2012. Disponível em: <<https://arduinobymyself.blogspot.com.br/2012/11/sensor-de-movimento-pyroelectric-infra.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.

MOTA, Allan. HC-SR501 – Sensor de presença PIR com Arduino. **Portal Vida de Silício**, set. 2017a. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr501-sensor-de-presenca-pir-arduino/>>. Acesso em: 03 set. 2017.

MOTA, Allan. Sensor de Luz - Aprendendo a usar o LDR. **Portal Vida de Silício**, mai. 2017b. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-luz-com-ldr/>>. Acesso em: 03 set. 2017.

OLIVEIRA, Sergio. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2017.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **Falando de Automação Predial**. 2004.

Disponível em:

<http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_falando_de_automacao_predial.php>. Acesso em 21 nov. 2017.

PORTAL FATOR BRASIL. **Eficiência energética garante consumo sustentável**.

Disponível em: <http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=61739>.

Acesso em 20 nov. 2017.

REIS, Valdinei Rodrigues dos. Usando um relé para controlar dispositivos elétricos.

ArduinoBR, jun. 2014. Disponível em:

<<http://www.arduino.br/arduino/acionadores/usando-um-rele-para-controlar-dispositivos-eletricos/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

SANTOS, Diego Marcelo dos. Relé. **InfoEscola**. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/electronica/rele/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

SANTOS, Paulo Rogério. **O Conceito de Eficiência Energética através da**

Automação Predial KNX, nov. 2013. Disponível em:

<<http://gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/2706160406400000003471.pdf>>.

Acesso em: 20 nov. 2017.

SENA, Diane Cristina Souza. **Automação Residencial**. 2005. Projeto de

Graduação. 119f. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SILVA, Graziela. Automação da iluminação contribui para eficiência energética. **AEC web**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/automacao-da-iluminacao-contribui-para-eficiencia-energetica_10033_10_0>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SILVA, Joaquim Santos. **Os relés**. Dez. 2016. Disponível em: <<http://inicial-jjsoundsoftware.blogspot.com/2016/12/os-reles.html>>. Acesso em 20 nov. 2017.

SOUZA, Fábio. Arduino - Primeiros Passos. **Embarcados**, nov. 2013. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

THOMSEN, Adilson. Qual módulo ESP8266 comprar? **FILIPEFLOP**, abr. 2016. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/qual-modulo-esp8266-comprar/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

THOMSEN, Adilson. Controlando lâmpadas com Módulo Relé Arduino. **FILIPEFLOP**, fev. 2013. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controle-modulo-rele-arduino/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

APÊNDICE A – CÓDIGO ELABORADO

//-----Código Nodemcu ESP8266-12E na IDE do Arduino----

```
#include <ESP8266WiFi.h>

//Definição dos pinos do Nodemcu
#define ldr 0
#define pir 15
#define botao 16
#define lampSala 5
#define lampQuarto 4
#define lampCozinha 2
#define lampBanheiro 14

boolean ativaLdr = false;
boolean ativaPir = false;

//Variáveis para utilizar no botão pulsador
int estadoLampSala = HIGH;
int estadoBotao;
int lastButtonState = LOW;
unsigned long lastDebounceTime = 0;
unsigned long debounceDelay = 50;

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 1000;

//Configuração de acondor com IP
IPAddress ip(192, 168, 0, 150);
IPAddress gateway(192, 168, 0, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
```

```

IPAddress dns(192, 168, 0, 1);
//Nome e senha para se conectar
const char* ssid = "homewifi_148";
const char* password = "*****";
//Criar uma instância do servidor
//Especifica a porta para ouvir como argumento
WiFiServer server(8090);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(10);
  //Configurar os pinos como entra ou saída
  pinMode(pir, INPUT);
  pinMode(ldr, INPUT);
  pinMode(botao, INPUT);
  pinMode(lampSala, OUTPUT);
  pinMode(lampQuarto, OUTPUT);
  pinMode(lampCozinha, OUTPUT);
  pinMode(lampBanheiro, OUTPUT);

  // Conecte-se à rede Wi-Fi
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Conectando com ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.config(ip, dns, gateway, subnet);
  WiFi.begin(ssid, password);

```

```

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectado");

// Inicie o servidor
server.begin();
Serial.print("Servidor iniciado em: ");

// Print endereço IP
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {

    //=====

    int leituraBotao = digitalRead(botao);

    //Serial.println(estadoBotao);
    if (leituraBotao != lastButtonState) {
        lastDebounceTime = millis();
    }

    if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {

```

```

    if (leituraBotao != estadoBotao) {
        estadoBotao = leituraBotao;

        if (estadoBotao == HIGH) {
            estadoLampSala = !estadoLampSala;
        }
    }
}

digitalWrite(lampSala, estadoLampSala);

lastButtonState = leituraBotao;

unsigned long currentMillis = millis();

if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
    previousMillis = currentMillis;

    if(ativaLdr) {
        modoLdr();
    }

    if(ativaPir) {
        modoPir();
    }
}

//=====================================================

// Verifique se um cliente está conectado

```

```
WiFiClient client = server.available();

if (!client) {
    return;
}

// Aguarde até que o cliente envie alguns dados
Serial.println("Cliente encontrado");
while(!client.available()){
    delay(1);
}

// Leia a primeira linha do pedido
String request = client.readStringUntil('\r');
Serial.println(request);
client.flush();

if(request.indexOf("sala") != -1) {
    //digitalWrite(lampSala, !digitalRead(lampSala));
    estadoLampSala = !estadoLampSala;
}

if(request.indexOf("quarto") != -1) {
    digitalWrite(lampQuarto, !digitalRead(lampQuarto));
}

if(request.indexOf("cozinha") != -1) {
    digitalWrite(lampCozinha, !digitalRead(lampCozinha));
}
```



```

if(request.indexOf("banheiro") != -1) {
    ativaLdr = false;
    ativaPir = false;
    digitalWrite(lampBanheiro, LOW);
}

if(request.indexOf("pir") != -1) {
    ativaLdr = false;
    ativaPir = true;
}

if(request.indexOf("ldr") != -1) {
    ativaPir = false;
    ativaLdr = true;
}

client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Connection: close");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println("");
String resultado = "";
resultado += digitalRead(lampSala)?"salaOff":"salaOn";
resultado += ",";
resultado += digitalRead(lampQuarto)?"quartoOn":"quartoOff";
resultado += ",";
resultado += digitalRead(lampCozinha)?"cozinhaOn":"cozinhaOff";
resultado += ",";
resultado += digitalRead(lampBanheiro)?"banheiroOn":"banheiroOff";

//Serial.println(resultado);

```

```
client.println(resultado);

delay(1);
}

void modoLdr() {
    int estadoLdr = analogRead(ldr);
    //Serial.print("LDR = ");
    //Serial.println(estadoLdr);

    if(estadoLdr > 100) {
        digitalWrite(lampBanheiro, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(lampBanheiro, LOW);
    }
}

void modoPir() {
    int estadoPir = digitalRead(pir);
    //Serial.print("PIR = ");
    //Serial.println(estadoPir);

    if(estadoPir) {
        digitalWrite(lampBanheiro, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(lampBanheiro, LOW);
    }
}
```