

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE JOÃO PESSOA - UNIPÊ
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA - PROAC
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

THIAGO OLIVEIRA DE ALEXANDRIA

**INTERNET DAS COISAS: REDUÇÃO E MONITORAMENTO DE GASTOS COM
ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES UTILIZANDO ARDUINO E ZABBIX**

JOÃO PESSOA – PB

2019

THIAGO OLIVEIRA DE ALEXANDRIA

**INTERNET DAS COISAS: REDUÇÃO E MONITORAMENTO DE GASTOS COM
ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES UTILIZANDO ARDUINO E ZABBIX**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação, sob orientação do Prof. Ms. Leandro José Caetano.

JOÃO PESSOA - PB

2019

A381i Alexandria, Thiago Oliveira de.

Internet das Coisas: redução e monitoramento de gastos com iluminação utilizando Arduino e Zabbix em um ambiente residencial/

Thiago Oliveira de Alexandria. - João Pessoa, 2019.

54f.

Orientador (a): Prof. Ms. Leandro José Caetano.

Monografia (Curso de Ciências da Computação) –

Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

1. Internet das Coisas. 2. Arduino. 3. Iluminação 4. Economia de Energia. I. Título.

UNIPÊ / BC

CDU - 004.738.45

THIAGO OLIVEIRA DE ALEXANDRIA

**INTERNET DAS COISAS: REDUÇÃO E MONITORAMENTO DE GASTOS COM
ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES UTILIZANDO ARDUINO E ZABBIX**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação, apreciada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovada em ____/____/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Leandro José Caetano (UNIPÊ)

Prof. (título ex.: Dr./Ms./Esp.) Nome do professor Examinador (a) (UNIPÊ)

Prof. (título ex.: Dr./Ms./Esp.) Nome do professor Examinador (a) (UNIPÊ)

Dedico este trabalho a toda minha família, Ana, Fabiano, Kelly e Marina.

AGRADECIMENTOS

É impossível mencionar todas as pessoas que ajudaram e participaram da minha jornada acadêmica e pessoal durante todos esses anos. São estes familiares, colegas de turma, colegas de trabalhos e amigos. Todos contribuíram, pois, de alguma forma colaboraram durante a minha formação até o presente momento.

No entanto, é preciso lembrar de algumas pessoas que estão na minha vida e que vem me acompanhando durante o meu dia a dia, não existem palavras para agradecer por todo apoio dado pela minha família, a minha mãe Ana de Lourdes e meu pai Fabiano Alexandria que não mediram esforços para me darem uma boa educação, a minhas irmãs por todo a ajuda prestada durante a minha formação pessoal.

À minha namorada e eterno amor Kelly, a mãe da minha filha, te agradeço por todo amor, paciência e atenção, você é uma pessoa iluminada que apareceu na minha vida e esteve ao meu lado independente da ocasião, não mediu esforços para me ajudar durante toda a minha caminhada pessoal e profissional, por me mostrar que o lado bom da vida é a vida a dois, por me proporcionar o prazer de ser pai, por todos os conselhos e preocupações, você é amor e tenho certeza que este é apenas o início desta jornada.

Existem algumas pessoas que aparecem na nossa vida por acaso e de forma misteriosa nos prendem a elas, são essas nossos verdadeiros amigos, agradeço por ter a amizade de vocês, Wellington, Lívio, Nicholas, Tiago, Ítalo, Matheus, Felipe, Rafael e Raphael por me acompanharem nos momentos mais importantes da minha vida e que de certa forma contribuíram para que eu seja a pessoa que sou hoje.

Existiram diversos momentos difíceis na minha caminhada acadêmica e vocês são verdadeiros anjos que a vida me deu, meus colegas de curso, Pedro, Líssia, João Guilherme, Bruno, Adilane e aos demais colegas de turma, agradeço por toda solidariedade prestada, direta ou indiretamente durante todos esses períodos, ao meu professor orientador Leandro Caetano que me abriu a mente deste o primeiro momento que tivemos a disciplina de projeto de redes, que a partir daí decidiu de forma indireta meu campo de atuação, agradeço por agarrar a minha proposta desde o dia que lhe apresentei, aos demais colegas de curso e professores que de certa forma passaram e deixaram sua marca de contribuição no meu crescimento profissional.

Gostaria de agradecer a todos os companheiros de trabalho, por me orientar durante minha iniciação profissional, por me ajudarem e por compartilharem sempre o conhecimento, proporcionando o crescimento em conjunto.

“Cada nova tecnologia é uma reprogramação da nossa vida sensorial”
Marshall McLuhan

RESUMO

A cada dia que se passa é notado que existe uma grande preocupação por parte da população com a redução de gastos com energia, devido as altas tarifas cobradas por parte das concessionárias para o uso desse recurso. Acompanhando essa necessidade, o presente trabalho é um experimento sobre como empregar dispositivos de Internet das Coisas para reduzir os gastos com energia promovendo o monitoramento de seu consumo. As tecnologias aplicadas abordam a redução no consumo de energia com método de dimerização das lâmpadas, controlando a quantidade de energia dissipada para o circuito. Utiliza-se o método experimental e exploratório, carregando a finalidade de proporcionar mais familiaridade com o problema com o auxílio das normas de iluminação elencadas na NBR ISSO/CIE 8995-1, especialmente envolvendo as condições de iluminação para cada tipo de ambiente e atividade, cujo resultado revelou ser possível o desenvolvimento de uma solução de baixo custo que seja capaz de atingir redução significativas no consumo de energia.

Palavras-Chave: Internet das Coisas. Arduino. Dimerização. Iluminação. Economia de Energia.

ABSTRACT

Every day it is noticed that there is a great concern on the part of the population with the reduction of spending on energy, due to the high tariffs charged by the utilities for the use of this resource. Accompanying this need, this work is an experiment on how to use Internet of Things devices to reduce energy spending by promoting the monitoring of its consumption. The technologies applied address the reduction in energy consumption with the method of dimming the lamps, controlling the amount of energy dissipated into the circuit. The experimental and exploratory method is used, carrying the purpose of providing more familiarity with the problem with the aid of the lighting standards listed in NBR ISO/CIE 8995-1, especially involving the lighting conditions for each type of environment and activity, whose result revealed to be possible the development of a low-cost solution that is capable of achieving significant reduction in energy consumption..

Keywords: Internet of Things. Arduino. Dimerization. Lighting. Energy Saving.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem da Metodologia.....	17
Figura 2 - Possibilidade de automações residenciais	21
Figura 3 - Arduino Uno R3	23
Figura 4 - Shield Ethernet	24
Figura 5 - Sensor LDR.....	25
Figura 6 - Módulo Dimmer	25
Figura 7 - Comunicação Zabbix Server - Agent.....	26
Figura 8 - Modelo lógico	27
Figura 9 - Configuração de Host Zabbix	30
Figura 10 - Configuração Item 1.....	31
Figura 11 - Configuração Item 2.....	31
Figura 12 - Triggers.....	32
Figura 13 - Configuração de Rede	33
Figura 14 - Comandos de monitoramento.....	33
Figura 15 - Função posição na lista.....	33
Figura 16 - Medidor de energia no início da coleta de dados	36
Figura 17 - Painel de Incidentes	37
Figura 18 - Medidor de energia no final da coleta de dados	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de energia elétrica por equipamento (%) 2016	14
Gráfico 2 - Gráfico de luminância gerado pelo Zabbix	34
Gráfico 3 - Gráfico de utilização de energia gerado pelo Zabbix	35
Gráfico 4.1 - Gráfico de Utilização diária parte 1	37
Gráfico 4.2 - Gráfico de Utilização diária parte 2	38
Gráfico 5.1 - Média diária de iluminância parte 1	38
Gráfico 5.2 - Média diária de iluminância parte 2	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de Lux por atividade.....	29
Tabela 2 - Utilização média mês de Abril.....	366
Tabela 3 - Utilização média mês de Maio.....	400

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDC – International Data Corporation

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IP – Internet Protocol

IOT – Internet das Coisas

LDR – Resistores Dependentes de Luz

NBR – Norma Brasileira

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	15
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4	INDICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	16
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	MÉTODOS DE ECONOMIA DE ENERGIA	18
2.2	INTERNET DAS COISAS.....	19
2.2.1	Métodos de Economia Existentes (Utilizando IOT).....	20
2.2.2	Arduino	21
3	ARQUITETURA DA SOLUÇÃO	23
3.1	ARDUINO	23
3.2	RESISTORES DEPENDENTES DE LUZ (LDR).....	24
3.3	DIMMER	25
3.4	ZABBIX.....	26
3.5	ESTRUTURA INTERNA	27
4	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	29
4.1	DESENVOLVIMENTO	29
4.2	PROVISIONAMENTO DO ZABBIX	30
4.3	CONFIGURAÇÃO DAS PLACAS	32
4.4	IMPLANTAÇÃO	35
5	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE PLACA ZABBIX	46
	APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE PLACA DIMMERIZADORA	48
	APÊNDICE C – DASHBOARD DE MONITORAMENTO	50
	ANEXO A – PROCESSO DE INSTALAÇÃO ZABBIX.....	51

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a utilização da tecnologia no cotidiano das pessoas é comum, pois boa parte da população já possui um *smartphone*¹ e usufruem da tecnologia ofertada por este aparelho. O consumo da tecnologia e a facilitação de acesso aos mesmos, têm feito com que a população anseie por inovação. Desta forma, estão surgindo novas tecnologias como por exemplo os *gadgets*² que proporcionam o controle da tecnologia ao seu redor.

Evans (2011) afirma que em 2003 existiam em torno de 6,3 bilhões de pessoas habitando o planeta, mas apenas 500 milhões de dispositivos conectados à *Internet*. A popularização da *internet* ocorreu através da utilização dos *smartphone*, elevando o número de aparelhos conectados à até 12,5 bilhões em 2010 enquanto a população teve seu crescimento de apenas 0,5 bilhões.

De acordo com a plataforma oficial do Arduino, em 2005, com sua chegada e a popularização dos microcontroladores, surgiu o início da aplicação de plataformas embarcadas. Desta forma, possibilitando a comunicação das placas de prototipagem com sensores analógicos e digitais capazes de tomar ações de acordo com atividades pré-programadas.

A *priori* os dispositivos de Internet das Coisas, eram utilizados para estudos de prototipação, mas após a popularização destes dispositivos, esta tecnologia expandiu para outros âmbitos. Portanto, não se resume à apenas material metodológico educacional, pois há novas abordagens de utilização. Gartner (2017) realizou um estudo no qual mostra que dispositivos de Internet das Coisas somam cerca de 8,4 bilhões de dispositivos conectados e em uso, um aumento de 31% comparado com o ano de 2016, espera-se que em 2020 estes números cheguem a 20,4 bilhões.

A utilização de sistemas embarcados para automação de atividades tem se tornado corriqueiro no âmbito residencial. Com o surgimento desta nova tecnologia, foi visto que proporcionava ao usuário a possibilidade de controle e automatização de atividades que antes era de realização humana, levantou a questão da utilização da tecnologia para a redução de recursos gastos para determinadas atividades.

Segundo Evans (2011) há projetos baseados em Internet das Coisas que possuem a promessa de extinção das lacunas entre ricos e pobres. Um dos modelos de pesquisa tem como

1 Smartphone – celular com tecnologia avançada, que opera sobre um sistema operacional, equivalente a computadores

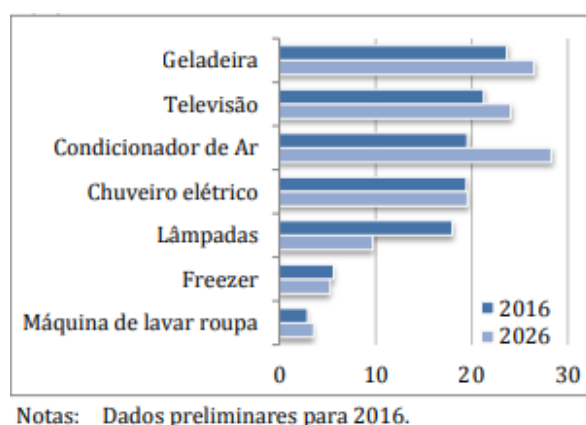
2 Gadgets – gíria tecnológica para dispositivos eletrônicos portáteis.

objetivo a melhor distribuição de recursos para os que mais necessitam, além de interligar conhecimentos referente ao planeta, para que seja possível o desenvolvimento de uma população proativa e cada vez menos reativas.

A economia de recursos pode ser colocada como uma das maiores preocupações atuais, uma vez que é experimentado altos valores e taxas para sua utilização. A energia, assim como a água é um recurso indispensável para o dia a dia da população. Apesar da comercialização de equipamentos que exibem a sua eficiência energética através do selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o processo de economia de energia ainda é algo abstrato, pois para reduzir gastos é preciso diminuir a utilização de determinados equipamentos e nem sempre será possível a adoção deste método.

Com base no Plano Decenal de Expansão de Energia realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (2017), aponta que em 2016 gastos com iluminação, dentro do âmbito residencial, chegaram próximos aos 20%, como podemos observar no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Consumo de energia elétrica por equipamento (%) 2016



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2017).

De acordo com os dados obtidos na Gráfico 1, o consumo de energia por lâmpadas equivale ao percentual de gastos com chuveiros elétricos. Sabendo da necessidade de iluminação, é difícil pensar em uma forma de economia na qual, a qualidade de iluminação seja mantida.

Ademais, a utilização de Internet das Coisas no cotidiano residencial, pode trazer diversas melhorias, uma delas é a diminuição de gastos com serviços básicos, tais como água, energia, além de melhor aproveitamento de tempo. Uma pesquisa realizada pela *International Data Corporation (IDC)* em 2018, constatou que 4% das residências já possuem algum tipo dispositivos conectados à internet, o que resultou em um aumento na produção desta tecnologia.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo geral, aplicar Internet das Coisas para demonstrar a viabilidade da automação no processo econômico de iluminação.

1.1 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A busca pela economia de energia não é recente, as tarifas cobradas por parte das concessionárias de energia têm sofrido diversos ajustes e aumentado seu valor durante os últimos anos.

De acordo com dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2017 foram destinados 136 milhões de Megawatt hora para distribuição residencial. Com o aumento das tarifas e o exercício das bandeiras tarifárias, a preocupação com relação a redução de gastos atenuou, assim a produção de equipamentos que buscam cada vez mais economia e eficiência estão em alta.

A utilização de ambientes autônomos tem sido aplicada durante alguns anos e tem atingido, com grande rapidez, diversas áreas, sendo a mais popular a automação residencial, este tipo de inovação é importante pois, tem a capacidade de diminuir gastos e automatizar pequenos processos do cotidiano.

A aplicabilidade destes recursos tecnológicos para economizar no âmbito residencial cresceu após a descoberta de que plataformas embarcadas poderiam centralizar diversos dispositivos conectados a uma rede de gerenciamento, possibilitando que o usuário tenha controle sobre os dispositivos gerenciáveis.

Com o aumento da busca por maior comodidade e redução de gastos, estima-se que este estudo sobre otimização de utilização da energia elétrica através das lâmpadas seja relevante para o mercado de automação residencial atual.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma solução utilizando dispositivos de Internet das Coisas, visando diminuir os gastos de energia com iluminação em ambiente internos, promovendo controle automático das lâmpadas e monitoramento de utilização em tempo real.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explorar a norma NBR ISO/CIE 8995-1 para iluminação de ambientes;

- Aproveitar iluminação natural para controle de intensidade das lâmpadas;
- Monitorar a utilização de energia e iluminação;
- Comparar a utilização de energia antes e depois da implantação da solução;
- Reduzir gastos de energia com iluminação.

1.4 INDICAÇÃO DA METODOLOGIA

Será adotado para o desenvolvimento do trabalho, o modelo de pesquisa experimental, tendo em vista a necessidade de desenvolvimento do sistema. Bem como a utilização para geração dos dados e análise geral dos efeitos que as suas variáveis produzirão durante o período da pesquisa, na qual de acordo com Waslawick (2017) esse modelo se categoriza pela interferência que o pesquisador provocará no ambiente de estudo com o objetivo de observar os resultados obtidos.

A pesquisa também é classificada como exploratória e descritiva, Gil (2002) firma que pesquisas deste tipo são importantes, pois carregam a finalidade de proporcionar mais familiaridade com o problema, esclarecer e modificar conceitos e ideias, além de formular problemas mais precisos.

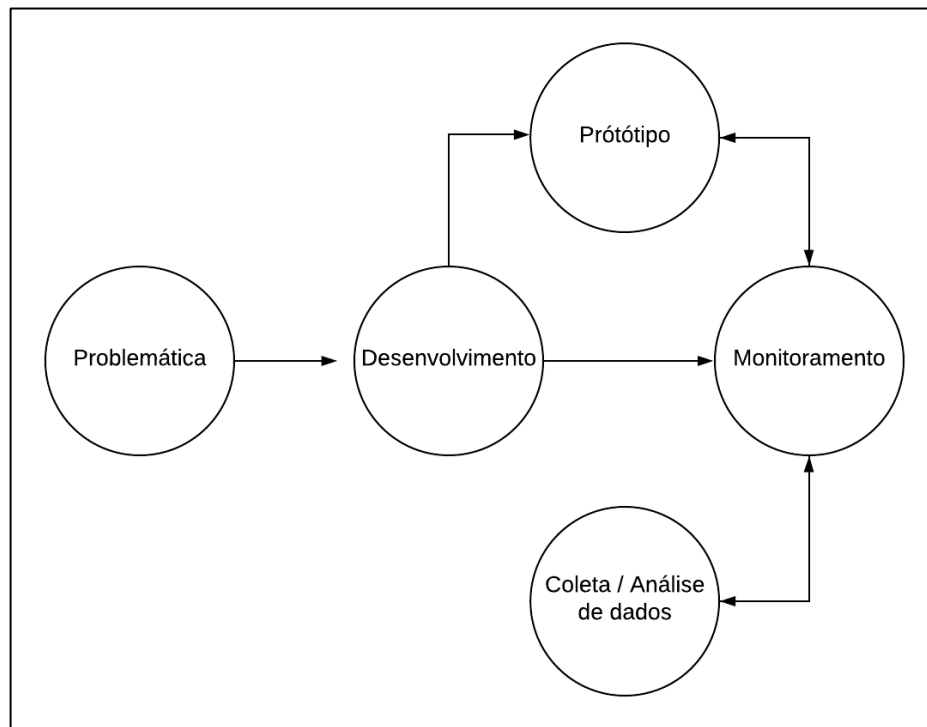
Ainda de acordo com as ideias de Gil (2002), pesquisas de caráter descritivo visam descobrir a existência de associações entre os objetos relacionados. Desta forma, constituirá relações entre as variáveis analisadas. Para atingir esse objetivo é necessário a utilização de técnicas de monitoramento de ativos computacionais visando a coleta e análise dos dados obtidos.

Quanto a análise dos dados, a utilização de um modelo quantitativo é imprescindível, pois segundo Fonseca (2002) a pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno. Os dados a serem coletados servirão de guia para análise de utilização de iluminação, podendo traçar de forma automática uma melhor redução na utilização de energia por parte destes equipamentos.

Para tanto, a pesquisa será desenvolvida e aplicada em uma residência localizada na cidade de João Pessoa, no bairro dos Ipês. A coleta de dados irá dispor da utilização de resistores dependente de luz (LDR), sensor que coletará a iluminância do ambiente, afim de que se tenha dados base para aplicação preliminar.

Pode ser observado através da Figura 1, a imagem que aborda todo o processo metodológico da pesquisa, do desenvolvimento a coleta e análise de dados.

Figura 1 - Imagem da Metodologia



Fonte: Acervo do autor

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Após esse capítulo introdutório, o conteúdo deste trabalho organiza-se da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Apresentará quais teorias e respectivos autores mais contribuíram para a realização do estudo e as bases teóricas para a realização deste trabalho;
- Capítulo 3 – Apresentará a arquitetura da solução, assim como a apresentação dos componentes utilizados;
- Capítulo 4 – Apresentará o desenvolvimento da pesquisa juntamente com a solução proposta e sua aplicabilidade;
- Capítulo 5 – Trará a análise dos dados coletados após a implantação da solução, mostrando os dados coletados e comparando com existentes referente ao mês anterior.
- Capítulo 6 – Considerações Finais apresentará de forma conclusiva, respostas aos objetivos específicos propostos pelo trabalho, apresentando também limitações desta pesquisa e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para atingir os objetivos desse experimento, é essencial compreender as tecnologias que o engloba, neste capítulo aborda-se a utilização dessas tecnologias, assim como as normas necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 MÉTODOS DE ECONOMIA DE ENERGIA

Economizar energia é uma cultura que com o passar dos anos se fez necessário, economizar energia além de trazer uma redução nos valores pagos traz também um aumento na vida útil dos equipamentos. No último Censo Demográfico, realizado pelo IBGE (2010), o serviço de energia elétrica já é realidade para cerca de 97,8% dos domicílios brasileiros, nas áreas urbanas o percentual chega a 99,1% e rural 88,7%. Por consequência do alto valor investido para distribuição e geração de energia, nos últimos anos, as tarifas e valores cobrados por suas bandeiras sofreram reajustes (IBGE, 2010), assim há uma necessidade de economia.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), programa coordenado em conjunto ao Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás, teve o seu surgimento em 1985, e ampliou a sua área de atuação. Uma destas áreas tem como objetivo a identificação dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes através da etiqueta de eficiência, voltadas para a redução do desperdício de energia e ao uso eficiente da eletricidade (PROCEL, 2018).

Nos dias atuais, alguns recursos para utilização consciente da energia já são conhecidos, dentre eles a utilização de produtos classificados pelo PROCEL com a bandeira “A”, que é a classificação para utensílios econômicos. Outra forma de redução de gastos, desta vez com relação a iluminação, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) classifica as lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LEDs como as que possuem um consumo de energia menor do que as antigas incandescentes, o que gerou e gera uma economia maior no final de cada ciclo mensal de consumo. (INMETRO, 2016).

Além desses métodos também existem algumas normas que garantem e especificam os requisitos de iluminação para ambientes internos e externos, determinando quanto a utilização mínima, média e máxima com relação a iluminância dos mesmos. A NBR 5413 divide o documento em sessões, abrangendo de forma detalhada todos os tipos de ambientes.

A norma vigente para iluminação de ambientes é regida pela NBR ISO/CIE 8995-1, a norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente.

A prática de uma boa iluminação, além de proporcionar uma melhor visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura sem que seja causado fadiga, propondo um ambiente em harmonia levando em consideração os limites de desconforto por ofuscamento e o mínimo de luminosidade para locais de trabalho e tarefas. (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Ademais, iremos ler no próximo subtópicos sobre a tecnologia de internet das coisas e como a mesma pode contribuir com o controle e automatização da iluminação através de sensores e afins.

2.2 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas não é um conceito novo, pois *a priori* possuía um outro nome: computação ubíqua. Em 1991, Mark Wiser escreveu um artigo denominado *Computer for 21st Century*, que aborda a computação ubíqua, e afirma que teríamos o surgimento de uma tecnologia calma, que teceria o nosso cotidiano de forma indistinguível (Wiser, 1991).

A ideologia de Wiser é igualmente abordada em umas das definições defendidas por Matter e Floerkemeier (2010) em seu trabalho *From the internet of Computers to The Internet of Things*, no qual os dispositivos terão a habilidade de comunicação, operando em conjunto uma com as outras, em forma de dispositivos independentes ou através de sensores, provendo e consumindo dados e de certa forma reagindo aos meios (Matter e Floerkemeier, 2010).

Com a evolução da comunicação em dispositivos como microcontroladores, Buyya e Dastjerdi (2016) afirmam que sistemas embarcados evoluíram com a capacidade de possuir conexão com a internet. O termo “coisas” é uma extensão da internet que conhecemos, desde então, várias definições para Internet das Coisas foram surgindo, dando cada vez mais notoriedade aos dispositivos autônomos e ubíquas (Buyya e Dastjerdi, 2016).

Com a popularização desses dispositivos, deu início a uma onda focada na utilização desses equipamentos voltado a automação, assim como afirma Bolzani (2004) no qual um ambiente autônomo tem a capacidade de decidir e adaptar-se a mudanças, automatizando processos repetitivos e tornando as residências cada vez mais inteligentes.

A automatização permite que os administradores utilizem *gadgets* que proporcionam a integração com os equipamentos, seja interruptores remotos para lâmpadas como até sistemas complexos de irrigação. A autonomia por parte de dispositivos Internet das Coisas (IOT) está acompanhada da capacidade de conexão com múltiplos sistemas através de sensores ou por sistemas completos.

Ambientes residenciais automatizados, comumente identificado como residências inteligentes, definem a automação como a integração dos mecanismos automáticos em um espaço, simplificando o cotidiano, satisfazendo a necessidade de comunicação e conforto baseados em todos os artefatos interconectados, seja por iluminação, climatização, segurança ou interligação de equipamentos (BOLZANI, 2004).

Sendo assim, a utilização de dispositivos de Internet das Coisas permitirá que o pesquisador utilize dessas conexões para gerenciar o ambiente automatizado, uma vez que o experimento possui a liberdade de comunicação para quais quer “coisa” gerenciada por esses dispositivos.

2.2.1 Métodos de Economia Existentes (Utilizando IOT)

Durante a globalização, o aumento da facilidade de aquisição de equipamentos eletrônicos fluiu, mas apesar destes aparatos facilitarem a vivência de um cotidiano sem tempo, elevam bastante o consumo de energia em uma residência, a exemplos de utilização de eletrônicos e lâmpadas de forma exagerada.

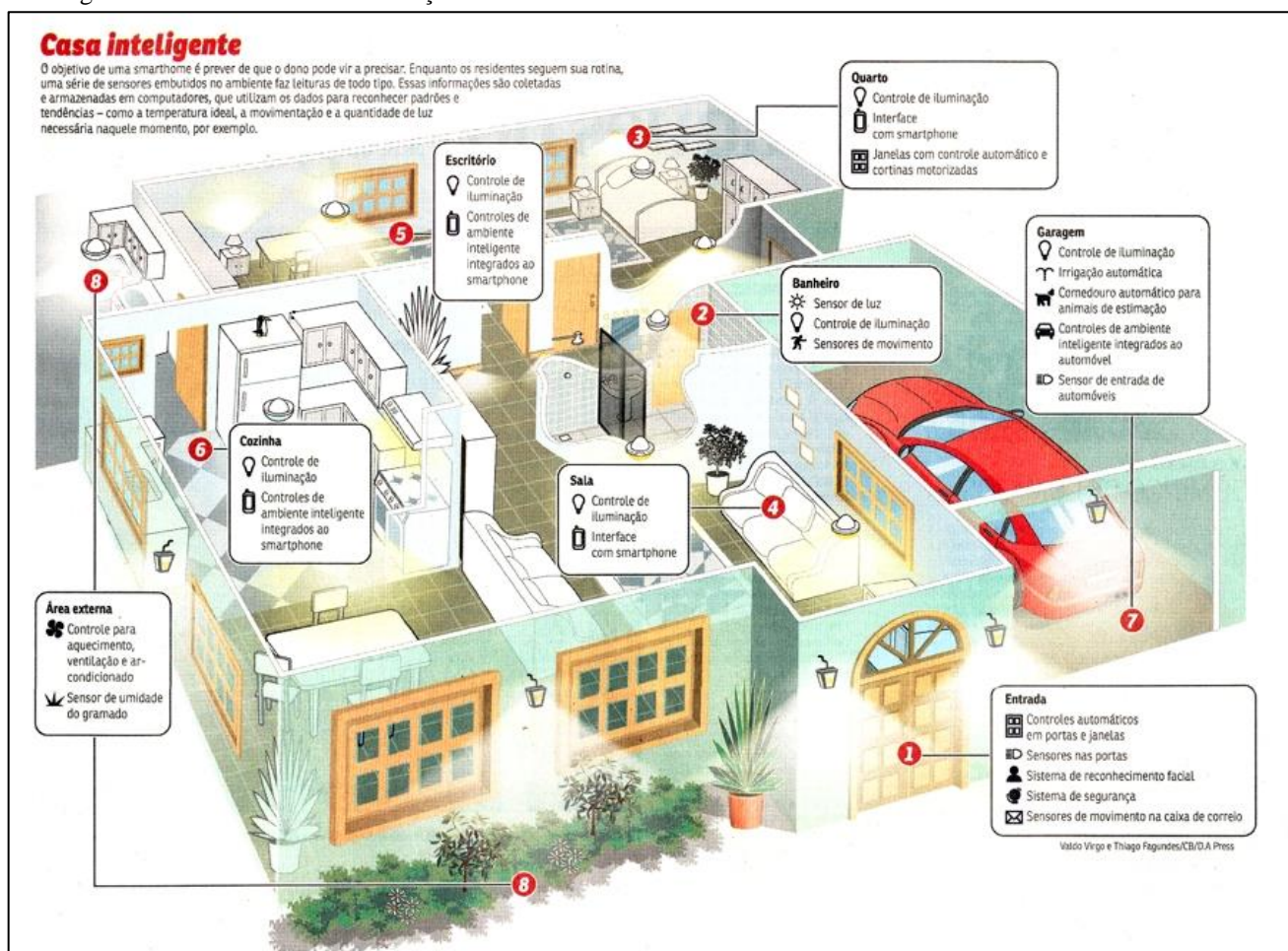
A IOT traz consigo a premissa de automatização e otimização de processos diários, seja eles da forma mais simples a até sistemas complexos automatizados. Sena (2005) aborda que um ambiente inteligente, contém diversos sistemas que garantem e geram economia (Figura 2), como a utilização de iluminação autônoma e irrigadores que são ativos apenas em condições especiais pré-determinadas.

A Internet das Coisas é entendida como uma das tecnologias do futuro, o plano de ação para o Brasil de 2017, realizado em conjunto pelo BNDES e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Comunicações (MCTIC) expõe os benefícios de utilização da Internet das Coisas para cada tipo ambiente, desde ambientes macros como cidades inteiras, bem como aplicação por ambientes menores como a de residências (BNDES, 2017).

De acordo com o estudo "Delimitação de verticais de aplicação para IOT" realizado pelo BNDES em 2017, o potencial da utilização dos equipamentos de IOT para economia de energia

quando utilizado em conjunto com sensores e demais equipamentos domésticos é destacado. A possibilidade de utilização desta tecnologia para aplicação de redução de gastos é imensurável uma vez que a sua utilização traz para o usuário conforto, segurança e praticidade através de uma única aplicação (BNDES, 2017).

Figura 2 - Possibilidade de automações residenciais



Fonte: Fundação Vanzolini (2012)

2.2.2 Arduino

O Arduino, como dispositivo de Internet das Coisas, é pioneiro em desenvolvimento de placas de prototipagem de baixo custo, placas essas que possibilitam a conexão e troca de informações entre dispositivos analógicas e digitais, tendo sua iniciação em Ivrea, Itália no início dos anos 2000, através dos seus idealizadores Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis no Instituto de Design de Interação, com o intuito de integrar o material metodológico escolar de forma que o seu valor de produção fosse menor que aos demais sistemas disponíveis na época (ARDUINO.CC, 2018).

A primeira placa foi lançada em 2005, para introduzir estudantes que não tinham experiência com eletrônica ou programação para esses dispositivos. Atualmente existem diversos modelos de placas Arduino, cada uma com sua particularidade e capacidade computacional, a mais conhecida e difundida por seu valor de mercado é a Arduino Uno (ARDUINO.CC, 2018).

A empresa Arduino afirma que o projeto Arduino é o primeiro projeto com *hardware*³ de código aberto, isso fez com que a quantidade de pessoas dispostas a contribuir com a criação de bibliotecas e novas placas de desenvolvimento crescesse, dessa forma, houve a abertura necessária para adoção em massa de projetos eletrônicos baseados em microcontroladores (ARDUINO.CC, 2018).

Sendo assim, a utilização do Arduino como dispositivo de internet das coisas será de suma importância para o desenvolver do protótipo utilizado neste experimento, uma vez que o mesmo possui uma vasta documentação sobre a utilização de funções e sensores distintos. Vejamos no próximo capítulo toda a arquitetura da solução responsável pelo protótipo a ser desenvolvido.

³ Hardware - conjunto dos componentes físicos (material eletrônico, placas, monitor, equipamentos periféricos etc.) de um computador.

3 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

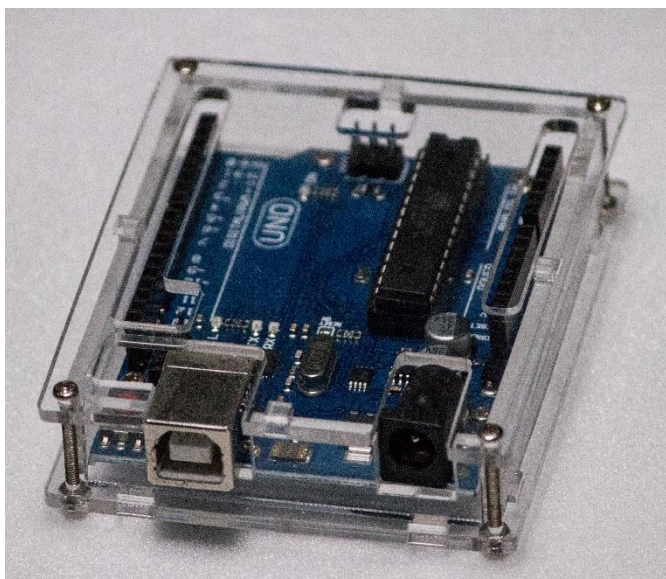
Durante a elaboração do projeto, são adotadas algumas tecnologias, tanto para a criação do protótipo final como a utilização de um *software*⁴ *open source*⁵ que contribuirá para realização do monitoramento do dispositivo desenvolvido.

3.1 ARDUINO

Antes de definir qual seria a plataforma na qual o sistema seria desenvolvido, foi realizado uma pesquisa dentro da linha de dispositivos de Internet das Coisas disponíveis no mercado que atendessem a necessidade do presente estudo.

A placa selecionada foi a Arduino Uno R3 (Figura 3), a sua escolha foi motivada por possuir um melhor custo benefício, tendo em vista que será utilizada duas placas de forma simultânea, além de que a quantidade de portas analógicas, um total de seis portas no equipamento, seria mais que suficiente para a finalização do projeto.

Figura 3 - Arduino Uno R3



Fonte: Acervo do autor

Apesar da existência de diversos modelos de comunicação, como *bluetooth* e *wifi* foi preferível a utilização de um *shield ethernet* (Figura 4) que possibilita a comunicação com a

⁴ Software - conjunto de componentes lógicos de um computador ou sistema de processamento de dados; programa, rotina ou conjunto de instruções que controlam o funcionamento de um computador; suporte lógico.

⁵ Open Source – É o software de computador com o seu código fonte disponibilizado e licenciado com uma licença de código aberto no qual o direito autoral fornece o direito de estudar, modificar e distribuir o software de graça.

internet através de uma rede cabeada. A sua escolha foi motivada decorrente a rapidez de comunicação em uma rede interna e a redução de agentes que pudessem causar interferência na comunicação entre o sistema de monitoramento.

Figura 4 - Shield Ethernet



Fonte: Acervo do autor

Definido as placas que realizariam a parte operacional do circuito, parte-se para a escolha do sensor responsável pela captação de luz, no próximo tópico será abordado o sensor escolhido e suas principais características.

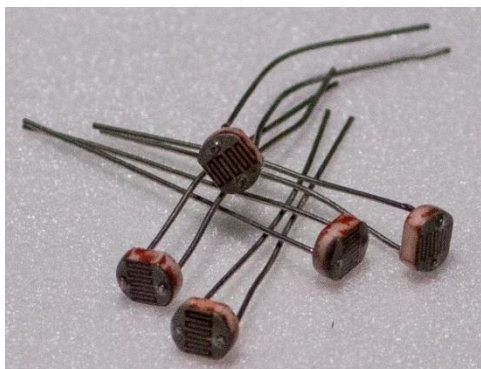
3.2 RESISTORES DEPENDENTES DE LUZ (LDR)

Para que o sistema possa controlar a intensidade da lâmpada de forma eficaz, será adotada a utilização de dispositivos sensíveis a luz, o mais adequado para o fim proposto é o dos resistores dependentes de luz, LDR (Figura 5) dispositivo capaz de captar a quantidade de lux⁶ disposta no ambiente no qual será instalado.

Com a utilização do sensor resistor dependente de luz, o circuito receberá as informações referente a quantidade de lux coletadas pelos sensores e por meio dos dados retornados o sistema terá como parâmetro as informações necessárias para tomada de decisão, na qual a placa se baseará para alteração da intensidade das lâmpadas controladas.

⁶ Lux - unidade de iluminamento do Sistema Internacional, equivalente à produção de um fluxo luminoso uniformemente distribuído sobre uma superfície na proporção de 1 lúmen por m²

Figura 5 - Sensor LDR



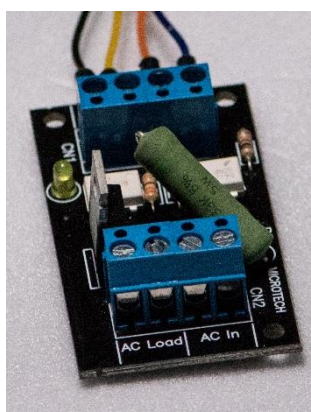
Fonte: Acervo do autor

Com os dados produzidos decorrente a coleta dos dados de luminância, será possível tratar os dados retornados de acordo com a lógica desenvolvida, repassando então para a placa dimmer, o funcionamento desse módulo é descrito no próximo tópico.

3.3 DIMMER

Conforme abordado nos tópicos anteriores, o módulo dimmer será o responsável por realizar o processo de dimerização das lâmpadas. O Arduino por si só não operará diretamente sobre a corrente alternada da rede elétrica do ambiente no qual será implantado, para isso, a utilização deste módulo será fundamental. O módulo dimmer (Figura 6) servirá para intermediar o processo de automação, sendo responsável por distribuir a quantidade de energia necessário para lâmpada ser dimerizada.

Figura 6 - Módulo Dimmer



Fonte: Acervo do autor

O processo de dimerização consiste em regular a quantidade de energia que é disponibilizada para as lâmpadas, possibilitando a regulagem de brilho. Utilizando o módulo dimmer é possível realizar todo esse procedimento de forma automática, no qual os valores são

transmitidos através de variáveis dentro do sistema. A dimerização, além de proporcionar o controle de intensidade proporciona também a economia de energia devido a sua atuação direta na corrente disponibilizada para o circuito.

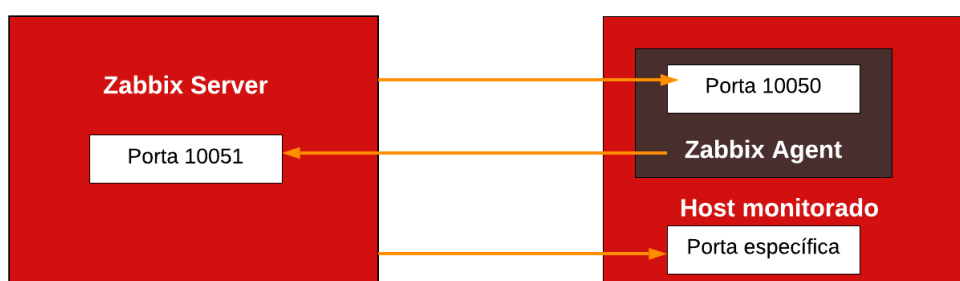
Apresentado todo os equipamentos de *hardware* necessários para o desenvolvimento do protótipo funcional e suas funcionalidades parte-se para tópico que abordará o *software* que será responsável por realizar o monitoramento da solução desenvolvida, garantindo visualização dos dados produzidos.

3.4 ZABBIX

O Zabbix é uma ferramenta *open source* de grande renome quando falado de *softwares* de monitoramento, tendo a sua configuração e implantação de forma intuitiva, além de ser que não é necessário a aquisição ou licenciamento para sua utilização.

O Zabbix é composto de vários módulos, dentre eles podemos elencar o Zabbix Server, Banco de Dados, Serviço *Web* e o Zabbix Agent. A comunicação entre os agentes e o servidor ocorre através das portas TCP 10050 e 10051, podemos observar na Figura 7 a forma com que ocorre a troca de informações entre o servidor e o agente.

Figura 7 - Comunicação Zabbix Server - Agent



Fonte: Adaptado de “De A a Zabbix” (2015)

Para o Zabbix *Server* foi provisionado um ambiente virtual, com o sistema operacional Cent OS 7 com a versão 3.4 do software. O ambiente possui 2gb de memória e 20gb de espaço em disco.

O usuário, por sua vez, terá um acesso aos gráficos de utilização da sua residência projetado no Zabbix, informando sempre que a utilização do recurso fuja do padrão de consumo aceitável baseado na norma da ABNT, gerando alertas quando atingir um alto consumo de energia. Ademais, iremos ler no próximo tópico como será feito a implantação da solução, a funcionalidade de cada placa e quais as características apresentadas no modelo lógico.

3.5 ESTRUTURA INTERNA

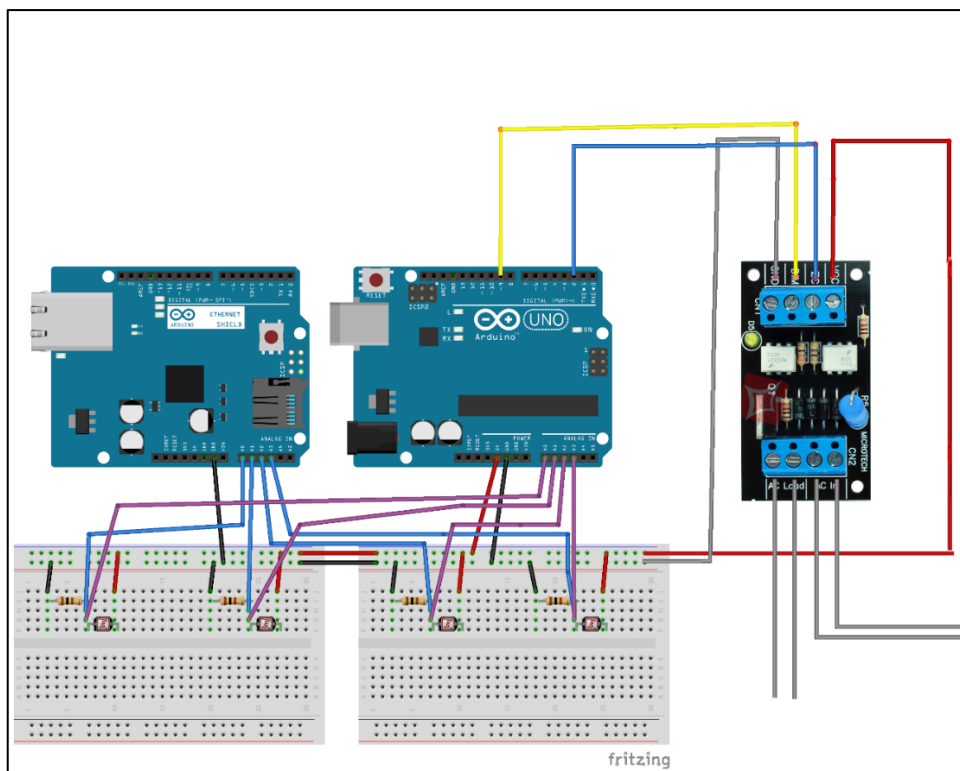
A solução será implantado em um ambiente residencial real, com pessoas que usufruem do ambiente para estudo e área comum. O local conta com a incidência de luz natural, na qual será utilizada como base para o controle de intensidade das lâmpadas.

Para que fosse possível a aplicação e monitoração do sistema se fez necessário a utilização de duas placas Arduino, na qual uma será responsável por manter a comunicação com o servidor Zabbix (*Master*) e a outra por realizar o processo de dimerização e controle de iluminação (*Slave*). Em ambas, foi implementada a leitura dos LDRs e a lógica por trás da classificação de utilização de energia.

A placa *Slave* agirá diretamente ao dimmer, que será acoplado diretamente na rede elétrica do local, mais precisamente próximos aos bocais das lâmpadas que servirão de objeto de estudo. A placa *Master* realizará a leitura dos sensores dependentes de luz, armazenando os valores em suas variáveis e utilizando para interpretação da utilização de energia, o Zabbix coletará as informações de vinte em vinte segundos para geração dos gráficos com as informações de utilização de energia e quantidade de luz no ambiente

Pode-se verificar na Figura 8 a arquitetura lógica final do sistema, tendo presente todas as conexões e formas de comunicação entre placas e sensores.

Figura 8 - Modelo lógico



Fonte: Acervo do autor

Durante a escolha dos dispositivos e tecnologias que seriam utilizadas na arquitetura dessa solução foi levado em consideração alguns pontos para garantir um baixo custo de implantação, resultados sólidos e uma solução de monitoramento capaz de retornar para o observador resultados que fossem reflexos dos valores coletados, sendo assim, com todas as tecnologias bem definidas parte-se para o processo de implantação da solução, no qual contemplará o processo de desenvolvimento e implantação.

4 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

O processo de implantação é marcado pela etapa de desenvolvimento, essa etapa será responsável pela eficácia na geração dos dados, uma vez que atualmente a única forma de monitoramento é através da medição da energia consumida é realizado apenas no medidor da concessionária, desta limitando o entendimento sobre a eficácia de alguns métodos de economia de energia. Este capítulo apresenta a solução de automação sobre as lâmpadas do ambiente no qual é implementado promovendo a monitoração de utilização de energia e quantidade de lux.

4.1 DESENVOLVIMENTO

Para melhor organização do projeto, foi preferível quebrar o processo de desenvolvimento em etapas menores. Desta forma, obteve-se quatro etapas, na qual a primeira etapa é determinada pela homologação do ambiente virtual destinado ao sistema de monitoramento e também para a adição do Arduino a grade de *hosts* monitorados pelo Zabbix. A segunda etapa destina-se a configuração das placas, realização da integração com o Zabbix e aplicação da lógica para dimerização, que foi desenvolvida, seguindo a NBR ISO/CIE 8995-1, uma tabela na qual possui as métricas para quantidade de lux no ambiente, Tabela 1. Já na terceira etapa será realizado os testes com o protótipo, para garantir a sua funcionalidade, assim como a integração com o *software* de monitoramento. A quarta, e última, etapa é marcada por ser a fase de implantação do sistema no local cujo o projeto será aplicado e com isso dar início a coleta dos dados encaminhado para o Zabbix.

Tabela 1 - Quantidade de Lux por atividade

Atividade	Quantidade de Luminosidade		
	Mínimo	Médio	Máximo
Escrever			
Ler	300	500	750
Teclar			

Fonte: Adaptado de “NBR ISO/CIE 8995-1”

Sendo assim, será abordado no próximo tópico o procedimento d configuração e provisionamento do ambiente com o software de monitoramento Zabbix, exemplificando todo

o procedimento de configuração de *host* e *template* com fim de que ao termino das configurações o ambiente esteja pronto para iniciar o processo de coleta e armazenamento dos dados coletados.

4.2 PROVISIONAMENTO DO ZABBIX

O ambiente virtual com o Zabbix foi provisionado tendo como base nas configurações “Médias” indicadas na documentação oficial da versão utilizada, Zabbix 3.4, para o sistema operacional utiliza-se o CentOS 7, com 2 vCPU, 2GB de Memória RAM, com MySQL e InnoDB. O processo de instalação é rápido e intuitivo, o processo foi realizado de acordo com as instruções descritas na documentação⁷ oficial do Zabbix, mais detalhes sobre essa configuração podem ser obtidos no Anexo A.

Feita toda a configuração inicial referente ao *software* de monitoramento, parte-se para configuração do Arduino como *host* no Zabbix, Figura 9, esse processo baseasse na adição do endereço IP que será atribuído ao dispositivo juntamente da porta de comunicação configurada, será utilizada a porta 10050 padrão.

Figura 9 - Configuração de Host Zabbix

The screenshot displays the Zabbix 'Add Host' configuration interface. At the top, the 'Host name' field contains 'Arduino'. Below it, the 'Visible name' field is empty. The 'Groups' section shows 'Arduino' in the 'Selected groups' list. The 'New group' field is empty. The 'Agent interfaces' section at the bottom contains a table with the following data:

Endereço IP	Nome DNS	Connectado a	Porta	Padrão
192.168.0.3		IP	10050	<input checked="" type="radio"/> Remover

A 'Remover' button is located next to the 'Porta' field. A blue 'Adicionar' button is at the bottom left of the 'Agent interfaces' section.

Fonte: Acervo do autor

Feita a adição do Arduino ao Zabbix, inicia-se a criação do *template*, que através das configurações aplicadas possuirá as informações referente aos itens que devem ser monitorados,

assim como as *triggers*, ou seja, os alertas gerados a partir das coletas. O item responsável pela coleta dos dados dos sensores do LDR foi configurado conforme Figura 10.

Figura 10 - Configuração Item 1

The screenshot shows the configuration for 'Item 1' with the name 'Luminância LDR'. It is an 'Agente Zabbix' type with key 'agent.ldr'. The host interface is '192.168.0.3 : 10050'. The information type is 'Numérico (inteiro sem sinal)' and units are empty. The update interval is '10s'. Under 'Intervalo customizado', there is a table with columns 'Tipo', 'Intervalo', 'Período', and 'Ação'. The first row has 'Flexível' selected under 'Tipo', 'Agendamento' as the type, '50s' as the interval, '1-7,00:00-24:00' as the period, and a 'Remover' link. There is also an 'Adicionar' link.

Tipo	Intervalo	Período	Ação
Flexível	Agendamento	50s	1-7,00:00-24:00

Fonte: Acervo do autor

Através da Figura 11, pode ser observada a configuração do item responsável pela coleta das métricas para utilização de energia.

Figura 11 - Configuração Item 2

The screenshot shows the configuration for 'Item 2' with the name 'Utilização de Energia %'. It is an 'Agente Zabbix' type with key 'agent.uso'. The host interface is '192.168.0.3 : 10050'. The information type is 'Numérico (inteiro sem sinal)' and units are empty. The update interval is '15s'. Under 'Intervalo customizado', there is a table with columns 'Tipo', 'Intervalo', 'Período', and 'Ação'. The first row has 'Flexível' selected under 'Tipo', 'Agendamento' as the type, '50s' as the interval, '1-7,00:00-24:00' as the period, and a 'Remover' link. There is also an 'Adicionar' link.

Tipo	Intervalo	Período	Ação
Flexível	Agendamento	50s	1-7,00:00-24:00

Fonte: Acervo do autor

Os alertas e as *Triggers* foram configuradas para serem disparadas quando o monitoramento identificar alguns padrões, o mesmo analisará e notificará o responsável conforme as classificações da Figura 12.

Figura 12 - Triggers

<input type="checkbox"/> Severidade	Nome ▼
<input type="checkbox"/> Média	Template App Zabbix Agent: Zabbix agent on {HOST.NAME} is unreachable for 5 minutes
<input type="checkbox"/> Informação	Template App Zabbix Agent: Version of zabbix_agent(d) was changed on {HOST.NAME}
<input type="checkbox"/> Alta	Template Arduino: Utilização de Energia > 80%
<input type="checkbox"/> Média	Template Arduino: Utilização de Energia > 60%
<input type="checkbox"/> Média	Template Arduino: Utilização de Energia > 45%
<input type="checkbox"/> Atenção	Template Arduino: Utilização de Energia > 30%
<input type="checkbox"/> Informação	Template Arduino: Utilização de Energia < 20%
<input type="checkbox"/> Alta	Template Arduino: Utilização de Energia 100%
<input type="checkbox"/> Informação	Template App Zabbix Agent: Host name of zabbix_agentd was changed on {HOST.NAME}

Fonte: Acervo do autor

Com o Zabbix configurado para realizar a monitoração dos dispositivos e sensores, parte-se para a configuração das placas Arduino, para a implementação de toda a lógica responsável por transmitir os valores monitoráveis para o Zabbix.

4.3 CONFIGURAÇÃO DAS PLACAS

Neste capítulo será abordado alguns pontos cruciais da configuração e lógica de comunicação entre as placas, apesar de trabalhar os trechos do código de forma isolada, os códigos completos encontram-se disponíveis nos Apêndices A e B. Essa etapa foi marcada pela necessidade de antes de tudo implementar a forma de comunicação com o serviço de monitoramento, seguindo inicialmente com as configurações de rede da *Shield Ethernet*, adicionando o IP de forma estática, determinando também a porta do agente Zabbix na placa Arduino e utilizando a porta passiva 10050, conforme o trecho da Figura 13.

Figura 13 - Configuração de Rede

```
//Declaração para interface Ethernet e porta de comunicação
#define MACADDRESS 0xA4, 0x28, 0x72, 0xCA, 0x55, 0x2F
#define IP 192,168,0,3
#define LISTENPORT 10050
```

Fonte: Acervo do autor

O Zabbix, por padrão, não possui um agente destinado a monitoração de dispositivos embarcados, para isso foi utilizado uma adaptação da utilização do protocolo Zabbix para manter essa conexão. Desta forma, foi feito um estudo dentre as integrações disponibilizadas⁸ e optou-se em desenvolver um suíte de monitoramento próprio, buscando fácil implementação e customização. Para determinar os comandos que seriam aceitos, utiliza-se uma lista determinando todos os comandos que serão requisitados pelo Zabbix, no qual foi adotada a nomenclatura aceita pelos protocolo do agente Zabbix *agent.**, Figura 14, comandos esses que serão adicionados também ao *template*⁹ de monitoração.

Figura 14 - Comandos de monitoramento

```
//COMANDOS ACEITOS
String items[] = { "agent.ping", "agent.hostname", "agent.version", "agent.lldr", "agent.uso" };
```

Fonte: Acervo do autor

Decorrente a forma com que foi implementado o menu de opções, foi necessário desenvolver uma função (Figura 15), na qual receberá o comando da requisição feita pelo Zabbix que equipará aos itens pré-cadastrados na lista, retornando o valor corresponde a posição no índice do vetor.

Figura 15 - Função posição na lista

```
//FUNÇÃO PARA TRATAR O COMANDO RECEBIDO E BUSCAR
//NA LISTA DE COMANDOS A SUA POSIÇÃO NA LISTA
int findId(String text) {
    int returnValue=-1;
    for (int i=0; i < ITEMS_SIZE; i++){
        if(items[i].equals(text)){
            returnValue = i;
        }
    }
    return returnValue;
}
```

Fonte: Acervo do autor

⁸ Integrações - <https://www.zabbix.com/integrations/arduino>

⁹ Template - Um template é um conjunto de entidades que pode ser associada de forma fácil e conveniente a vários hosts.

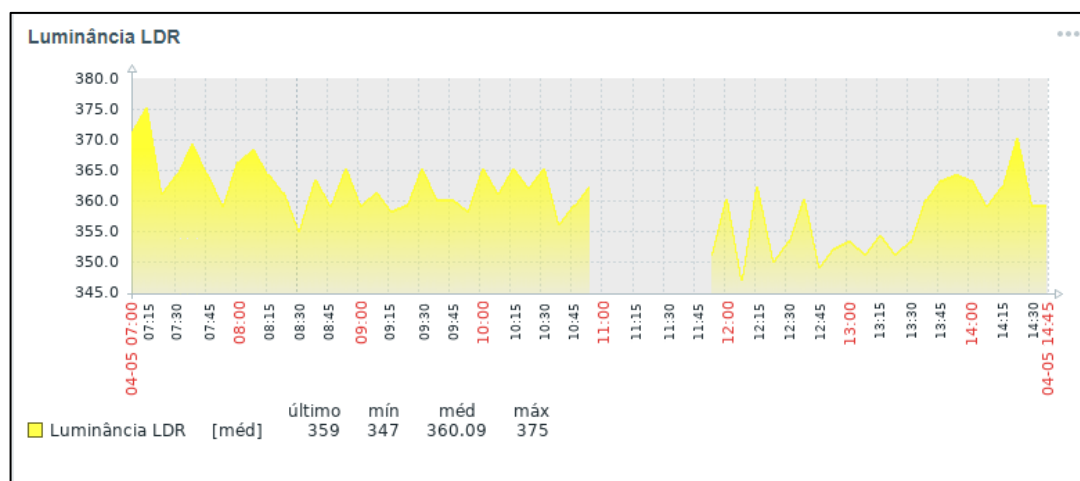
No bloco *loop* do Arduino, que realizará o monitoramento, a técnica de programação em *switch case* foi utilizada, com o intuito de implementar o **menu principal**, que receberá as requisições do sistema de monitoramento (Apêndice A).

A estrutura condicional que irá comparar a variável **opção** com os *cases* programados roda a função estabelecida. Ambas as placas irão utilizar da mesma lógica, realizando a leitura dos sensores LDR e a partir da média do valor coletado, a variável responsável pela utilização de energia, será incrementada. O que difere a função entre as placas é que a placa *Master* alimentará o valor para ser coletado pelo sistema de monitoramento e a placa *Slave* será responsável pela dimerização baseada das métricas.

A placa *Slave*, realizará toda a questão de lógica referente a dimerização da lâmpada, a sua estrutura difere da placa Master em alguns pontos, em sua arquitetura encontra-se presente, além da função *setup* e *loop*. A função **zeroCross** permite a identificação do momento em que a tensão da rede elétrica AC cruza a linha de zero volts. Isso possibilita o seu uso para dimerização de lâmpadas dimerizáveis.

Após as placas serem configuradas, realizou-se a integração para validar as configurações e a comunicação com o ambiente de monitoramento, gerando os gráficos para acompanhamento de quantidade de luz capturada nos sensores LDR, Gráfico 2.

Gráfico 2 - Gráfico de luminância gerado pelo Zabbix antes da solução

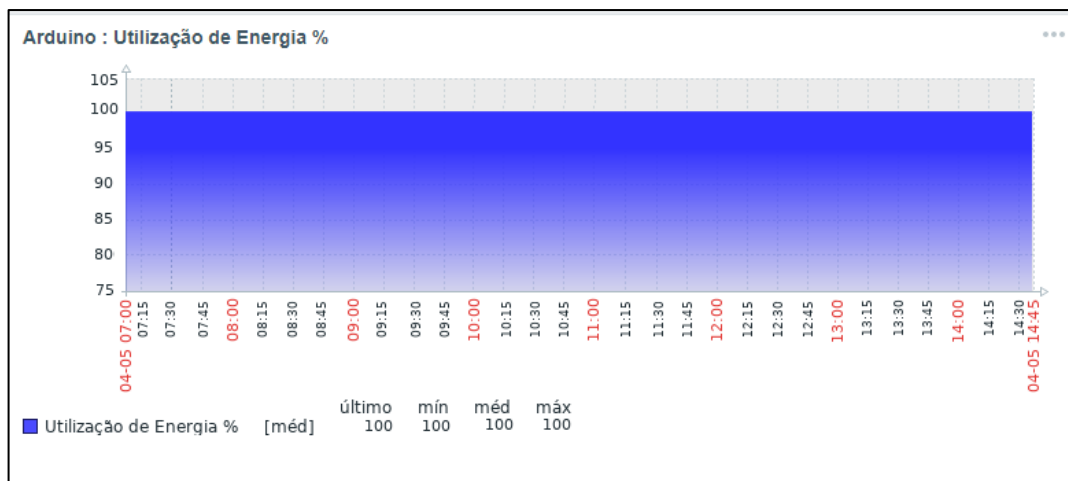


Fonte: Acervo do autor

Assim como o gráfico de luminância, também foi gerado um gráfico para acompanhamento de utilização de energia em percentagem, os valores para esse gráfico são diretamente coletados da placa que realiza a dimerização das lâmpadas, através do Gráfico 3

pode se ter uma ideia do gráfico gerado para uma perspectiva do ambiente sem a utilização da solução.

Gráfico 3 - Gráfico de utilização de energia gerado pelo Zabbix antes da solução



Fonte: Acervo do autor

Com a validação de que o ambiente de monitoramento estava realizando o processo de monitoração, parte para última etapa do processo de desenvolvimento, a etapa de implantação, no qual consiste em implantar fisicamente a solução para que se possa dar início a coleta e análise dos dados coletados.

4.4 IMPLANTAÇÃO

O processo de implantação foi dividido em 3 etapas, na qual a primeira foi composta pela preparação da fiação que conecta os sensores até as placas, com alimentação de energia, terra e a fiação responsável pelo recebimento dos dados analógicos.

A segunda etapa baseia-se na organização física da estrutura, a fixação dos sensores e fiação marcam essa etapa, nela é arquitetada como serão disponibilizados os sensores dentro do ambiente.

A terceira etapa conta com um teste de validação de todos os processos antecessores a esse, como validação de funcionamento do circuito e com a integração com o ambiente de monitoramento.

Passado o processo de implantação e desenvolvimento, é dado início ao processo de coleta de dados e monitoramento, os dados serão coletados por um total de 15 dias, devido ao curto tempo para coleta e análise dos dados decorrente ao tempo que foi necessário para desenvolver o protótipo, tendo iniciado no dia 12 de maio de 2019, indo até o dia 26 do mesmo mês.

5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Passada a fase de implantação do projeto, a coleta e análise dos dados foi iniciada. Os dados obtidos no mês de Maio serão equiparados com os dados do mês de Abril. Na última leitura da energia realizada pela Energisa, foi registrada uma leitura de 56492, tendo consumido 433 kilowatts¹⁰ entre os dias 4 de abril e 6 de maio. Para que se tenha uma base, uma tabela foi gerada (Tabela 2), na qual uma média foi calculada para a utilização mensal e diária.

Tabela 2 - Utilização média mês de Abril

Média de utilização de energia Abril		
Média Diária	Média Semanal	Mensal
14.43	103.03	433

Fonte: Acervo do autor

Para iniciar o projeto, foi realizada uma leitura inicial do medidor de energia da residência, para que se tenha uma base para os cálculos das próximas médias, dessa forma foi obtido uma leitura de 56564 kilowatts, Figura 16. O protótipo foi testado em um cenário, no qual as lâmpadas permanecem ligadas constantemente, iniciando a sua utilização pela manhã por volta das 5 horas da manhã e cessando na parte da noite, por volta das 19 horas. Na placa responsável pelo monitoramento do sistema, uma lógica foi aplicada com o objetivo de retornar 0 de energia quando identificar que as lâmpadas foram apagadas, ou seja, quando o ambiente possuir uma quantidade de lux inferior a 100.

Figura 16 - Medidor de energia no início da coleta de dados



Fonte: Acervo do autor

¹⁰ Killowatts – Unidade de potência usada em eletricidade, equivale a 1000 watts

O painel de monitoramento coleta e armazena alguns dados, são eles: a utilização de energia, quantidade de lux presente no ambiente e disponibilidade da placa perante o monitoramento Apêndice C. Alguns incidentes são gerados quando o sistema atinge as *triggers*, elementos configurados para alerta na sessão 4.2 Figura 12, os alertas serão carregados no painel de incidentes para que o utilizador acompanhe a utilização e saiba quando estiver economizando ou utilizando em excesso, Figura 15.

Figura 17 - Painel de Incidentes

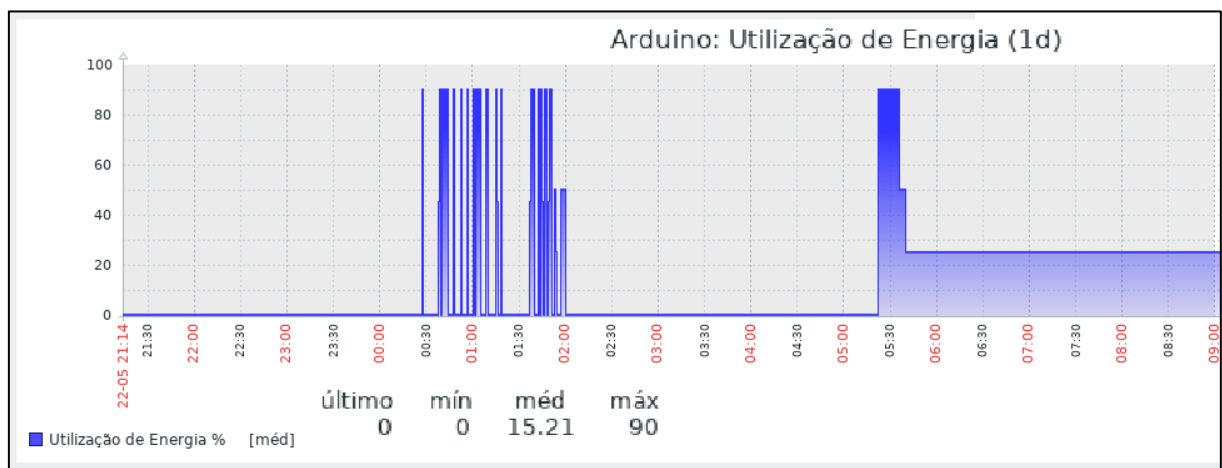
Incidentes								
Hora ▼	Tempo para recuperação	Status	Informação	Host	Incidente • Severidade	Duração	Reconhecido	Ações
17:10:01		INCIDENTE		Arduino	Utilização de Energia < 20%	3h 50m 25s	Não	

1 de 1 incidente é apresentado Atualizado: 21:00:26

Fonte: Acervo do autor

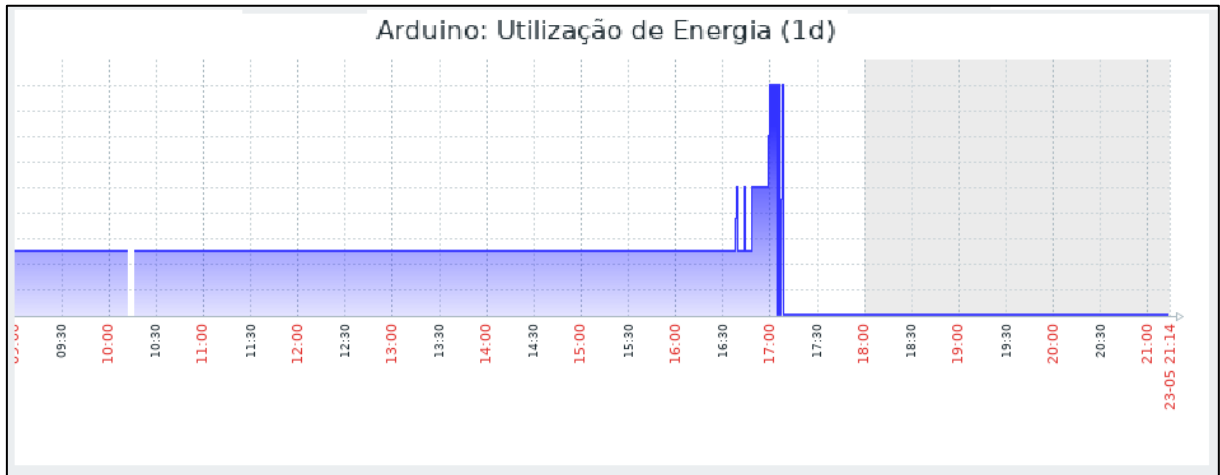
Durante o monitoramento do experimento foram gerados alguns gráficos diários para verificação de utilização de energia e quantidade de luminosidade, bem como, foi identificado que utilização de energia saiu de uma utilização de 100%, utilizada antes da implantação, para uma média diária de 15%, tendo máximas de 90%, conforme o Gráfico 4.1 e Gráfico 4.2.

Gráfico 4.1 - Gráfico de Utilização diária parte 1



Fonte: Acervo do autor

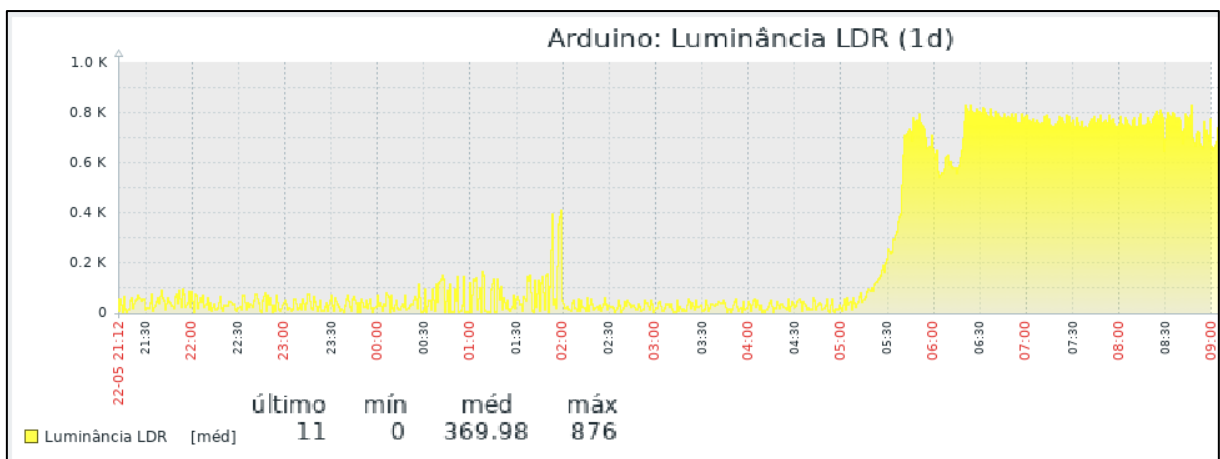
Gráfico 4.2 - Gráfico de Utilização diária parte 2



Fonte: Acervo do autor

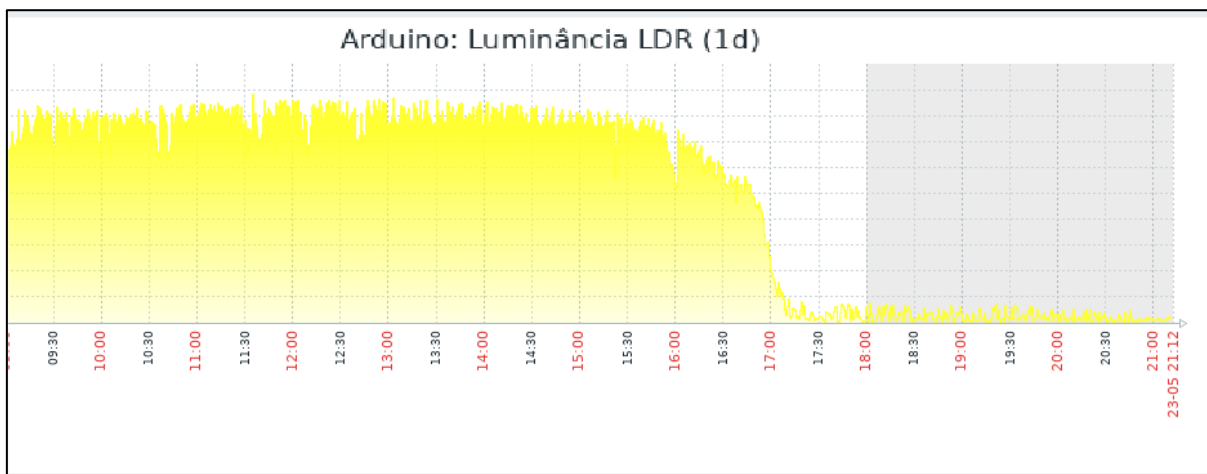
Observou-se que com a utilização da luz natural obteve-se uma redução na utilização de energia, pois muitas vezes a energia estava sendo desperdiçada quando ainda existia luz natural para auxiliar quem usufruía do ambiente para estudo, leitura entre outras funções. Através do Gráfico 5.1 e Gráfico 5.2 nota-se a existência de muita luz natural durante o dia, diminuindo sua incidência próximos às 16:00h até às 17:30h. Foi observado que neste horário, existe uma alta utilização de energia, devido a iluminação natural nesse horário ser baixa, sendo necessário uma alimentação de 90% de energia e após o termino das atividades cai para 0, quando as lâmpadas são apagadas.

Gráfico 5.1 - Média diária de iluminância parte 1



Fonte: Acervo do autor

Gráfico 5.2 - Média diária de iluminância parte 2



Fonte: Acervo do autor

Após 15 dias monitorando o experimento, observou-se uma redução no consumo diário e semanal de kilowatts, fazendo com que a perspectiva para um mês, utilizando a solução, retornasse valores abaixo ao do mês anterior. O experimento foi finalizado com uma leitura de 56743, Figura 16.

Figura 18 - Medidor de energia no final da coleta de dados



Fonte: Acervo do autor

Com a leitura realizada, foi criada uma média de utilização para o período no qual o experimento foi monitorado, gerando um consumo total de 180 kilowatts durante os 15 dias, dispondo a sua utilização média conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Utilização média mês de Maio

Média de utilização de energia Maio		
Média Diária	Média Semanal	Esperado Mensal
12	84	360

Fonte: Acervo do autor

Apesar de implantado em apenas um ambiente da residência, foi possível perceber uma redução considerável na utilização de energia, foram economizados 2 kilowatts diariamente, resultando em uma redução de 14 kilowatts semanais. Assim, é possível perceber a validade desse estudo, pois se mantido implantado permanentemente, seria esperado uma utilização mensal de 360 kilowatts, trazendo uma economia de 73 kilowatts em cima da utilização mensal. Com a sua aplicação em larga escala, na qual todos os ambientes utilizam da solução, espera-se que reduza ainda mais o desperdício energético por consequência reduzindo os gastos e afetando diretamente a utilização mensal em kilowatts.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho aborda uma temática bastante recente e que preocupa grande parte da população, a economia de energia. Os custos devido a utilização de energia sofrem variações constantemente o que levanta o alerta a respeito de melhores formas de economia. Foi analisado que é a iluminação que consome boa parte da energia residencial, então com essas informações foi pensado uma solução capaz de reduzir e monitorar os gastos visando uma melhor utilização da energia do local.

Para trazer redução na utilização de energia, o experimento realiza a leitura da quantidade de luz existente no ambiente, através dos sensores LDR e a partir da quantidade obtida é feito a redistribuição de energia para iluminação, encaminhando mais energia quando existir pouca iluminação e menos quando já possuir muita luz.

O sistema tem como base a Internet das Coisas e sua capacidade de conexão desses dispositivos no ambiente. Foi utilizado placas Arduino e placas dimmers para realizar a dimerização das lâmpadas, deixando passar apenas a quantidade de energia necessário para manter uma boa iluminação. Os valores base para realizar a dimerização e determinar a quantidade de energia que seria entregue baseou-se na norma vigente da ABNT, a NBR ISO/CIE 8995-1.

A implantação foi feita em cômodo de uma residência, o experimento foi monitorado por quinze dias e após finalizar as coletas foi identificado que com a solução foi obtido um redução na utilização de energia, tendo uma economia de 2 kilowatts baseada na utilização diária, comprovando que caso aplicado de forma integral e abrangendo para os demais cômodos, o impacto financeiro e a redução na utilização de energia será consideravelmente alta.

Durante o desenvolvimento do projeto foi identificado algumas dificuldades, na qual a principal ocorreu durante o processo de programação das placas, pois iniciou-se o projeto com apenas um Arduino Uno R3 e durante a pesquisa foi visto que para atingir o esperado, seria necessário utilizar duas placas, uma para cada função. Outra dificuldade enfrenada foi frene a utilização do Zabbix como software de monitoramento, pois observou-se que a ferramenta mudou a forma com que recebe os valores do monitoramento, sendo necessário utilizar a versão 3.4.

Ainda sobre o monitoramento, após identificado uma versão compatível, estudou-se uma maneira para estabelecer uma comunicação simples entre o dispositivo e o servidor Zabbix,

fazendo então uma adaptação dos comandos do Agente Zabbix, no qual foi previamente configurado na placa.

Além das dificuldades durante a programação e provisionamento do ambiente de monitoramento, foi enfrentado dificuldade para obter uma documentação referente a implementação das funções responsáveis pela dimerização, sendo necessário realizar adaptações para obter os resultados esperados.

Após o termino e implantação do projeto, observou-se que seria possível aumentar a qualidade dos dados produzidos, utilizando sensores mais precisos para a coleta de dados, com objetivo de trazer dados mais próximos aos valores reais, como por exemplo a utilização de um sensor de luz Tsl2561 luxímetro, um avançado sensor digital com precisão superior aos clássicos sensores LDR assim como a equiparação entre os resultados obtidos utilizando esses diferentes sensores.

Por fim, pode-se considerar que o projeto, em seu objetivo inicial, atingiu os resultados esperados, trazendo não só uma redução na utilização de energia mas também mostrando ser possível o desenvolvimento de uma solução de baixo custo capaz de atingir resultados significativos mesmo que aplicado de forma parcial dentro de uma residência, gerando economia para quem a utiliza.

REFERÊNCIAS

AHN, H. **Applying the balanced scorecard concept: an experience report**. USA: Long Range Planning, v.34, 2001.

ANEEL. **Consumidores, Consumo, Receita e Tarifa média – Classe de Consumo**. Disponível em: < www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita> Acesso em: 29 de ago. 2018.

ARDUINO. **Documentação de referência do Arduino Equals**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/data-types/string/functions/equals/>> Acesso em: 26 mar. 2018.

ARDUINO. **Documentação de referência do Arduino EthernetServer**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/EthernetServer>> Acesso em: 23 mar. 2018.

ARDUINO. **Documentação de referência do Arduino Funções**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/FunctionDeclaration>> Acesso em: 26 mar. 2018.

ARDUINO. **Pagina Oficial da Empresa** Disponível em: < <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>> Acesso em 08 de set. 2018.

AXSON, D. **CEO Perspectives: scorecards – balanced or biased?** Disponível em: <www.portfoliomgt.org>. Acesso em: 28 fev. 2019.

BOLZANI, C. A. M. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. USP. São Paulo. 2010.

BOLZANI, C.A.M. **Residências inteligentes - domótica, redes domésticas, automação residencial**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

BRASIL, Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). **Internet das coisas: Um plano de ação para o Brasil, 2017**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>> Acesso em: 28 out. 2018.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **PNE 2030 Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>> Acesso em: 01 set. 2018.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>> Acesso em: 05 set. 2018.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em <

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf > Acesso em 28 de out. 2018.

BUYA, R.; DASTJERDI, A. V. **Internet of Things: Principles and Paradigms**. Morgan Kaufmann, 2016.

DAVE EVANS. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da internet está mudando tudo**. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf> Acesso em: 01 set. 2018.

HORST, A. S; PIRES, A. S; DÉO, A. L. B. **De A a Zabbix**. São Paulo, SP: Novatec, 2015.

INMETRO. **Inmetro lança guia sobre uso das lâmpadas LED**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/lampadas-led.pdf?fbclid=IwAR3oeBDRkwFwRWesKKoxxbnsIX0Nw3-OIIIIYqJHBfYrvidWSbs5OfHOCA>> Acesso em: 12 maio 2019.

INMETRO. **Lâmpada LED**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>> Acesso em: 12 maio 2019.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GARTNER. **Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017**. Fevereiro 7, 2017. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>> Acesso em: 23 set. 2018.

GIL, A. C **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. Atlas; Edição 4 2002.

IDC. **Previsão da IDC para o mercado de TIC no Brasil em 2018 aponta crescimento de 2,2%**. Janeiro 30, 2018. Disponível em: <<http://br.idclatin.com/releases/news.aspx?id=2275>> Acesso em: 23 set. 2018.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **The balanced scorecard: translating strategy into action**. USA: Harvard Business School Publishing Corporation, Boston, 1996.

MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C. **From the internet of computers to the internet of things**. Paper, 2010.

PROCEL. **O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>> Acesso em: 27 out. 2018.

SENA, Diane Cristina Souza. **Automação Residencial**. 2005. Projeto de Graduação. 119f. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SERIEAL LINK. **Manual técnico Módulo Dimmer AC Bivolt**. Disponível em: <https://www.seriallink.com.br/lab/Arduino/Datasheet_Modulo_Dimmer_AC.pdf> Acesso em: 19 set. 2018.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

VERGARA, S. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

WAZLAWICK. R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. Elsevier Academic; Edição: 2 20 de out. de 2017.

ZABBIX. **Documentação Oficial da versão 3.4**. Disponível em: <<https://www.zabbix.com/documentation/3.4/pt/start>> Acesso em: 01 mar. 2019.

ZABBIX. **Integração do zabbix com arduino**. Disponível em: <<https://www.zabbix.com/integrations/arduino>> Acesso em: 01 mar. 2019.

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE PLACA ZABBIX

```

#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>

//Declaração para interface Ethernet e porta de comunicação
#define MACADDRESS 0xA4, 0x28, 0x72, 0xCA, 0x55, 0x2F
#define IP 192,168,0,3
#define LISTENPORT 10050

//VARIÁVEIS GLOBAIS
#define ZABBIXPING 1 //Resposta Ping
#define ZABBIXPROTOCOL 3.4 //Versão do protocolo 3.4
#define ITEMS_SIZE 7 //TAMANHO MÁXIMO DA LISTA DE ITENS

//LISTA DE COMANDOS ACEITOS
String items[] = { "agent.ping", "agent.hostname", "agent.version", "agent.ldr", "agent.uso" };

//HOSTNAME DO DISPOSITIVO
String hostname = "tcc-monitor";

//SENSORES
int LDR1 = A0, LDR2 = A1, LDR3 = A2, LDR4 = A3;

//OUTRAS VARIÁVEIS
int uso, var, state_ldr1 = 0, state_ldr2 = 0, state_ldr3 = 0, state_ldr4 = 0;
int state_media = 0;
String msg = "";

//INICIANDO O SERVER NA PORTA 10050
EthernetServer server = EthernetServer(LISTENPORT);

//SETUP, INICIANDO O DISPOSITIVO
void setup() {
  //NETWORK
  uint8_t mac[6] = {MACADDRESS};
  uint8_t ip[4] = {IP};
  delay(1000);
  Ethernet.begin(mac,ip);
  server.begin();
}

//LOOP COM O SWITCH CASE RESPONSÁVEL POR RECEBER
//O COMANDO E INFORMAR O QUE DEVE SER RETORNADO
void loop() {
  EthernetClient client = server.available();
  if (client) {
    if (client.available() > 0) {
      char thisChar = client.read();
      if (thisChar == '\n') {

        switch(findId(msg)){
          case 0:
            server.println(ZABBIXPING);
            break;
          case 1:
            server.println(hostname);
            break;
          case 2:
            server.println(ZABBIXPROTOCOL);
            break;
          case 3:
            server.println(ldrLer(state_ldr1,state_ldr2,state_ldr3,state_ldr4));
            break;
        }
      }
    }
  }
}

```



```

        case 4:
            server.println(usoEnergia(uso));
            break;
        default:
            server.println("ZBX_NOTSUPPORTED");
    }

    client.stop();
    msg="";
} else {
    msg += thisChar;
}
}
}
}

//FUNÇÃO PARA TRATAR O COMANDO RECEBIDO E BUSCAR
//NA LISTA DE COMANDOS A SUA POSIÇÃO NA LISTA

int findId(String text) {
    int returnValue=-1;
    for (int i=0; i < ITEMS_SIZE; i++){
        if(items[i].equals(text)){
            returnValue = i;
        }
    }
    return returnValue;
}

//FUNÇÃO PARA LEITURA E RETORNO DA MÉDIA DOS LDRS
int ldrLer(int state_ldr1, int state_ldr2, int state_ldr3, int state_ldr4){
    state_ldr1 = analogRead(LDR1);
    state_ldr2 = analogRead(LDR2);
    state_ldr3 = analogRead(LDR3);
    state_ldr4 = analogRead(LDR4);
    state_media=(state_ldr1+state_ldr2+state_ldr3+state_ldr4)/4;
    return state_media;
}

int usoEnergia(int uso){
    if (state_media > 500){
        uso=25;
        return uso;
    }
    if (state_media < 500 && state_media > 300){
        uso=50;
        return uso;
    }
    if (state_media < 300 && state_media > 100){
        uso=90;
        return uso;
    }
    if (state_media > 100){
        uso=0;
        return uso;
    }
}
}

```

APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE PLACA DIMMERIZADORA

```

#define PINO_ZC 2
#define PINO_DIM 9
int LDR1 = A0; int LDR2 = A1; int LDR3 = A2; int LDR4 = A3;

//OUTRAS VARIÁVEIS
int state_ldr1 = 0; int state_ldr2 = 0;
int state_ldr3 = 0; int state_ldr4 = 0;
int state_media = 0;
volatile long luminosidade = 0; // 0 a 100

void zeroCross() {
    if (luminosidade>100) luminosidade=100;
    if (luminosidade<0) luminosidade=0;
    long t1 = 8200L * (100L - luminosidade) / 100L;
    delayMicroseconds(t1);
    digitalWrite(PINO_DIM, HIGH);
    delayMicroseconds(6); // t2
    digitalWrite(PINO_DIM, LOW);
}

void setup() {
    pinMode(PINO_DIM, OUTPUT);
    attachInterrupt(0, zeroCross, RISING);
}

void loop() {

    state_ldr1 = analogRead(LDR1);
    state_ldr2 = analogRead(LDR2);
    state_ldr3 = analogRead(LDR3);
    state_ldr4 = analogRead(LDR4);

    state_media=(state_ldr1+state_ldr2+state_ldr3+state_ldr4)/4;

    if (state_media > 500){
        for (byte i=10; i<50; i++) {
            luminosidade=25;
            Serial.write(1);
            delay(15);
        }
    }
}

```

```
if (state_media < 500 && state_media > 300){  
    for (byte i=10; i<50; i++) {  
        luminosidade=50;  
        Serial.write(2);  
        delay(15);  
    }  
}  
  
if (state_media < 300){  
    for (byte i=10; i<50; i++) {  
        luminosidade=90;  
        Serial.write(3);  
        delay(15);  
    }  
}  
delay(1000);  
}
```

APÊNDICE C – DASHBOARD DE MONITORAMENTO



ANEXO A – PROCESSO DE INSTALAÇÃO ZABBIX

```
1. #Install Apache, PHP and MariaDB
2.   yum -y install httpd php php-pdo php-mysql mariadb-server
3.
4. #Create the Zabbix user and database
5.   mysql -u root -p
6.   MariaDB [(none)]> create database zabbix character set utf8 collate utf8_bin;
7.   MariaDB [(none)]> grant all privileges on zabbix.* to zabbix@localhost identified
   by 'your_zabbix_mysql_password';
8.   MariaDB [(none)]> flush privileges;
9.   MariaDB [(none)]> quit;
10.
11. #Install the repository configuration package. This package contains yum (software
   package manager) configuration files.
12. rpm -ivh https://repo.zabbix.com/zabbix/3.4/rhel/7/x86_64/zabbix-release-3.4-
   2.el7.noarch.rpm
13.
14. #To install Zabbix server, Zabbix frontend, Zabbix agent
15.   yum install -y zabbix-server-mysql zabbix-web-mysql zabbix-agent
16.
17. #Now import initial schema and data for the server with MySQL:
18.   zcat /usr/share/doc/zabbix-server-mysql*/create.sql.gz | mysql -uzabbix -ppassword
   zabbix
19.
20. #Edit zabbix_server.conf to use the created database. For example:
21.   vim /etc/zabbix/zabbix_server.conf
22.   DBHost=localhost
23.   DBName=zabbix
24.   DBUser=zabbix
25.   DBPassword=<password>
26.
27. #It's time to start Zabbix server process and make it start at system boot:
28.   systemctl start zabbix-server
29.   systemctl enable zabbix-server
30.
31. #Some PHP settings are already configured. But it's necessary to uncomment the
   "date.timezone" setting and set the right timezone for you.
32.   vim /etc/httpd/conf.d/zabbix.conf
33.   php_value max_execution_time 300
34.   php_value memory_limit 128M
35.   php_value post_max_size 16M
36.   php_value upload_max_filesize 2M
37.   php_value max_input_time 300
38.   php_value max_input_vars 10000
39.   php_value always_populate_raw_post_data -1
40.   php_value date.timezone America/Recife
41.
```

42. #Having SELinux status enabled in enforcing mode, you need to execute the following commands to enable communication between Zabbix frontend and #server:
43. `setsebool -P httpd_can_connect_zabbix on`
- 44.
45. #As frontend and SELinux configuration is done, you need to restart Apache #web server:
46. `systemctl restart httpd.service`