

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE MAUÁ**

**DARCI NEVES DA SILVA GONÇALVES  
LETICIA CRISTINA CARNEIRO ALBERTO  
RAFAELA SANTANA LEAL**

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES DE INFRAVERMELHO PARA MELHORIA DA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SALAS DA FATEC MAUÁ: UM ESTUDO DE IOT  
(INTERNET DAS COISAS) PARA AS INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO.**

**MAUÁ/SP  
2024**

**DARCI NEVES DA SILVA GONÇALVES  
LETICIA CRISTINA CARNEIRO ALBERTO  
RAFAELA SANTANA LEAL**

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES DE INFRAVERMELHO PARA MELHORIA DA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SALAS DA FATEC MAUÁ: UM ESTUDO DE IOT  
(INTERNET DAS COISAS) PARA AS INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO.**

Trabalho apresentado à FATEC Mauá, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Tecnólogo em Informática para Negócios.

Orientador: Prof. M.Sc. Thiago Lima Merissi.

**MAUÁ/SP  
2024**

Catálogo-na-Publicação – Biblioteca Fatec Mauá

004.6782

G635u Gonçalves, Darci Neves da Silva.

Utilização de sensores de infravermelho para melhoria da eficiência energética em salas da Fatec Mauá : um estudo de IoT (internet das coisas) para as instalações de iluminação / Darci Neves da Silva Gonçalves, Leticia Cristina Carneiro Alberto, Rafaela Santana Leal. – 2024. – 69 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Me. Thiago Lima Merissi.

Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Informática para Negócios) – Faculdade de Tecnologia de Mauá.

Referências: p. 62-69.

1. Eficiência energética. 2. Internet das coisas. 3. Universidade sustentável. I. Alberto, Leticia Cristina Carneiro. II. Leal, Rafaela Santana. III. Merissi, Thiago Lima. VI. Título.

CDD: Internet das coisas 004.6782

Elaborada por Tatiana Sambinelli CRB-8 SP-011003/O

**DARCI NEVES DA SILVA GONÇALVES  
LETICIA CRISTINA CARNEIRO ALBERTO  
RAFAELA SANTANA LEAL**

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES DE INFRAVERMELHO PARA MELHORIA DA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SALAS DA FATEC MAUÁ: UM ESTUDO DE IOT  
(INTERNET DAS COISAS) PARA AS INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO.**

Trabalho apresentado à FATEC Mauá, como  
parte dos requisitos para obtenção do Título  
de Tecnólogo em Informática para Negócios.

Aprovação em: 20 jun. 2024.

---

Prof. M. Sc. Thiago Lima Merissi  
FATEC Mauá  
Orientador

---

Prof. Me. Ivan Carlos Pavão  
FATEC Mauá  
Avaliador

---

Prof. Me. Rennan Santos de Araujo  
FATEC Mauá  
Avaliador

## DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado primeiramente a Deus, pois sem ele não teríamos capacidade de desenvolvê-lo, pois sempre foi nosso guia, presente nas horas de angústias.

Aos nossos pais, graças a eles hoje podemos concluir o nosso curso, pois são nosso porto seguro.

Também aos professores deste curso, pela dedicação e comprometimento que vimos ao longo dos anos.

E por fim, e não menos importante, ao nosso orientador, sem o qual não teríamos conseguido concluir esta etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

O desenvolvimento do presente trabalho de conclusão de curso contou com vários auxílios, dentre os quais queríamos deixar aqui nosso agradecimento.

Primeiramente vamos agradecer a Deus, quando nos deu força, no momento em que achávamos que ficaríamos loucas.

Agradecemos também à coordenadora, professora Maria da Conceição Medeiros, por estar sempre presente quando precisávamos de apoio, juntamente a todos os professores do curso de Tecnologia em Informática para negócios, que nos ofereceram todo o alicerce necessário para realização deste trabalho, agradecemos com imensa admiração pelo profissionalismo.

Queríamos expressar aqui os mais profundos agradecimentos ao nosso orientador, o professor Thiago Lima Merissi, nas orientações prestadas na elaboração desse trabalho, com muita paciência e dedicação, sempre disponível a compartilhar todo o seu vasto conhecimento.

Enfim, agradecemos a todos que participaram diretamente ou indiretamente da elaboração deste trabalho de pesquisa, aprimorando o nosso processo de aprendizado.

*"O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos e na capacidade da tecnologia de transformar desafios em soluções sustentáveis."*

*(Eleanor Roosevelt)*

## RESUMO

Um dos objetivos do estudo apresentado neste projeto é demonstrar como o uso de sensores de infravermelho na iluminação pode ser econômico. Foi proposto um sensor IoT com dispositivos separados com a finalidade de economizar energia, visando uma abordagem sustentável e eficiente. Um estudo de caso foi realizado na residência de uma das autoras do trabalho, na Cidade de Mauá, São Paulo, onde foi instalado um sensor com detecção de presença que, ao detectar movimentação, aciona automaticamente as lâmpadas do ambiente. Para isso, o método utilizado consistiu no levantamento de dados retirados das contas de consumo fornecidos pela empresa de energia elétrica, com uma comparação de datas antes e após a instalação do sensor. A partir da análise dos resultados, verificou-se uma redução no consumo e, conseqüentemente, uma redução no valor pago mensalmente na conta de energia, demonstrando eficácia na instalação dos sensores de presença na residência. Tendo em vista a economia gerada no estudo de caso, este estudo demonstra que pode ser um projeto utilizado futuramente em ambientes universitários. Além disso, maximiza a eficiência energética, o que contribui para assumir a responsabilidade ambiental ao usufruir energia elétrica. Com o tempo, isso ajudará a população a consumir energia elétrica de forma sustentável.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Internet das Coisas; Universidade Sustentável.



## ABSTRACT

One of the objectives of the study presented in this project is to demonstrate how the use of infrared sensors in lighting can be economical. An IoT sensor with separate devices was proposed in order to save energy, evolving a sustainable and efficient approach. A case study was carried out at the home of one of the authors of the work, in the city of Mauá, São Paulo, where a sensor with presence detection was installed which, upon detecting movement, automatically activates the lamps in the room. To achieve this, the method used consists of collecting data taken from consumption bills provided by the electricity company, with a comparison of data before and after installing the sensor. From the analysis of the results, a reduction in consumption was obtained and, consequently, a reduction in the amount paid monthly on the energy bill, demonstrating effectiveness in installing presence sensors in the residence. Considering the savings generated in the case study, this study demonstrates that it can be a project used in the future in university environments. Furthermore, it maximizes energy efficiency, which helps to assume environmental responsibility when using electrical energy. Over time, this will help the population to consume electricity sustainably.

**Keywords:** Energy efficiency; Internet of Things; Sustainable University.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Construção básica da IoT.	21
<b>Figura 2</b> – Aplicação em sala de aula.	33
<b>Figura 3</b> – Identificação do sensor ESP 360+.	35
<b>Figura 4</b> – Sensor ESP 360+.	36
<b>Figura 5</b> – Lista de especificações do sensor ESP 360+.	37
<b>Figura 6</b> – Medidor de corrente SCC013AC.	38
<b>Figura 7</b> – Módulo Wi-Fi ESP8266.	40
<b>Figura 8</b> – Conexão elétrica.	41
<b>Figura 9</b> – Jumper de configuração.	42
<b>Figura 10</b> – Sensor aplicado na pesquisa.	49
<b>Figura 11</b> – Sensor aplicado na garagem para estudo.	50
<b>Figura 12</b> – Especificações do sensor de pesquisa prática.	51
<b>Figura 13</b> – Fatura elétrica do mês de maio.	52
<b>Figura 14</b> – Fatura elétrica do mês de junho.	52
<b>Figura 15</b> – Fatura elétrica do mês de julho.	52
<b>Figura 16</b> – Fatura elétrica do mês de agosto.	53
<b>Figura 17</b> – Fatura elétrica do mês de setembro.	53
<b>Figura 18</b> – Fatura elétrica do mês de outubro.	54
<b>Figura 19</b> – Fatura elétrica do mês de novembro.	54
<b>Figura 20</b> – Fatura elétrica do mês de dezembro.	54
<b>Figura 21</b> – Fatura elétrica do mês de janeiro.	55
<b>Figura 22</b> – Fatura elétrica do mês de fevereiro.	55
<b>Figura 23</b> – Fatura elétrica do mês de março.	55
<b>Figura 24</b> – Fórmula da média aritmética simples.	56
<b>Figura 25</b> – Representação em gráfico do consumo de energia, a linha vermelha indica o período de instalação do sensor (fim do mês de julho - 2023).	58

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Características da sala A27.

31

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Blocos básicos da IoT.	21
<b>Quadro 2</b> – Tecnologias complexas para a IoT.	23
<b>Quadro 3</b> – Aplicações da IoT em diferentes setores.	24
<b>Quadro 4</b> – Complemento de aplicações na IoT.	25
<b>Quadro 5</b> – Resultados das médias de consumo elétrico.	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Lista de abreviaturas

**BIG DATA** – Dados que contêm maior variedade, chegando em volumes crescentes e com mais velocidade.

**BLUETOOTH** – Protocolo de comunicação de baixo alcance e baixo consumo de energia.

**SoCS** – “System-on-Chip” ou Sistema em um chip.

### Lista de siglas

**AP** – “Access Point” ou Ponto de Acesso.

**API** – “Application Programming Interface” ou Interface de Programação de Aplicações.

**BEN** – Balanço Energético Nacional.

**CSS** – “Cascading Style Sheets” ou Folhas de Estilo em Cascata.

**DHCP** – “Dynamic Host Configuration Protocol” ou Protocolo de configuração de Host.

**DNS** – “Domain Name System” ou Sistemas de Nomes de Domínio.

**EF** – Entidades físicas.

**EV** – Entidades Virtuais.

**EXI** – “Efficient XML Interchange” ou Intercâmbio XML eficiente.

**FPGAs** – “Field Programmable Gate Array” ou Arranjo de porta programável em campo.

**HTML** – “HyperText Markup Language” ou Linguagem de Marcação de Hipertexto.

**HTTP** – “Hypertext Transfer Protocol” ou Protocolo de Transferência de Hipertexto.

**HTTPS** – “Hypertext Transfer Protocol Secure” ou Protocolo de Transferência de Hipertexto Seguro.

**IEEE** – Institute of Electrical and Electronics Engineers OU Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos.

**IES** – Instituições de Ensino Superior.

**IIoT** – “Industrial Internet of Things” ou Internet Industrial das Coisas.

**IoT** – “Internet of Things” ou Internet das Coisas.

**IP** – “Internet Protocol” ou Protocolo da Internet.

**ITU** – “International Telecommunications Union” ou União Internacional de Telecomunicações.

**NAT** – “Network Address Translation” ou Tradução do Endereço da Rede.

**NFC** – “Near Field Communication” ou Comunicação por Campo de Proximidade.

**OWL** – “Web Ontology Language” ou Linguagem de Ontologia da Web.

**PNE** – Plano Nacional de Energia.

**RDF** – “Resource Description Framework” ou Estrutura de Descrição de Recursos.

**RFID** – “Radio Frequency Identification” ou Identificação por Radiofrequência.

**US** – Universidade Sustentável

**Wi-Fi** – “Wireless Fidelity” ou Fidelidade sem Fio.

**XML** – “Extensible Markup Language” ou Linguagem de Marcação Extensível.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1 Tema.....	17
1.2 Problema .....	17
1.3 Justificativa .....	17
1.4 Objetivo.....	18
1.5 Metodologia .....	18
1.6 Estrutura da monografia .....	18
2. INTERNET DAS COISAS (IOT) .....	19
2.1 Definição e conceitos básicos de IoT .....	19
2.2 História e evolução da IoT .....	20
2.3 Estruturação básica da IoT .....	20
2.4 Aplicações e Setores da IoT .....	23
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES UNIVERSITÁRIOS.....	25
3.1 Conceito de Universidades Sustentáveis (US) .....	28
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	30
4.1 Modelo de instalação do sistema em sala de aula .....	30
4.2 Sensor .....	33
4.2.1 Funcionamento.....	35
4.2.2 Especificações técnicas do Sensor ESP 360+ .....	36
4.3 Medidor de Corrente .....	37
4.4 Módulo ESP8266 como Computação.....	39
4.5 Instalação dos Equipamentos .....	40
4.6 Comunicação .....	43
4.6.1 Wi-Fi como Comunicação .....	43
4.7 Identificação .....	44
4.7.1 Arquitetura Cliente Servidor .....	44
4.7.2 TCP/IP .....	44

4.7.3	DHCP e DNS.....	45
4.7.4	Network Address Translation (NAT) .....	45
4.8	Serviços.....	46
4.8.1	HTTP em Aplicação .....	46
4.8.2	API .....	47
4.9	Semântica.....	48
4.9.1	Estrutura da Página Web .....	48
4.9.2	Comunicação com a API e o Servidor .....	48
4.9.3	Apresentação dos Dados .....	48
5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	49
5.1	Sensor utilizado na pesquisa .....	49
5.2	Comparação de Consumo.....	51
5.3	Análises e discussões dos resultados .....	58
6.	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS .....	62



## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Tema**

A melhoria do consumo energético é um fator muito importante nos dias atuais, visto que ao usar a energia de forma eficiente estamos colaborando com práticas sustentáveis que buscam equilibrar as necessidades e a preservação de recursos naturais para as futuras gerações, além de reduzir custos, criar oportunidades de negócios em setores relacionados a energia, aumentar a qualidade de vida e o desenvolvimento de novas tecnologias como já vem ocorrendo, um exemplo dessas evoluções é a própria IoT (Internet das Coisas).

Este trabalho tem como foco investigar o uso de sensores de presença por infravermelho integrada à Internet das Coisas como solução para a melhoria da eficiência energética em ambientes universitários, sendo a Fatec Mauá o ambiente em questão, com foco nas instalações de iluminação.

### **1.2 Problema**

Diante do cenário de eficiência energética e utilização racional dos recursos naturais, aplicada a redução de consumo de energia elétrica em conjunto com a Internet das Coisas, o problema central que motiva este trabalho é:

"Como a IoT pode contribuir para a redução do consumo de energia e diminuição de custos por meio da implementação de sensores de presença por infravermelho?"

### **1.3 Justificativa**

A integração de sensores de presença por infravermelho e Internet das Coisas (IoT), para a melhoria da eficiência energética, busca a importância de se enfrentar os crescentes desafios relacionados aos elevados custos no uso de energia elétrica em instituições de ensino. A implementação desses dispositivos oferece uma oportunidade para otimizar o uso de energia, além de permitir o controle inteligente de iluminação, de acordo com a presença de pessoas nas salas de aulas. Deste modo, a IoT proporciona a possibilidade de monitoramento remoto e

análise de dados em tempo real. Com isso a Fatec Mauá, instituição a ser projetada, pode se tornar uma referência sustentável e inteligente no meio das organizações públicas educacionais.

#### **1.4 Objetivo**

Estamos realizando um estudo de caso (sobre energia fornecida por sensores controlados por IoT). Tal estudo foi realizado na residência de uma integrante do grupo, com intuito de avaliar a eficiência energética do sensor de presença na redução de consumo em comparação com interruptores convencionais, com a projeção de futuramente serem utilizadas nas instalações elétricas em instituições de ensino.

#### **1.5 Metodologia**

A composição do trabalho foi feito com um objetivo descritivo, e uma abordagem quantitativa, pois foram realizados levantamentos bibliográficos em plataformas de artigos científicos, tais como Scielo e Google acadêmico, e também foram feitos levantamentos de dados, baseando-se em métodos matemáticos e estatísticos, obtendo resultados exatos.

Tais dados foram coletados sobre o consumo de energia elétrica antes e após a implementação dos sensores por infravermelho automatizados pela IoT. Os dados retirados das contas de consumo fornecidos pela empresa de energia elétrica, receberam tratamentos estatísticos para se calcular as métricas de redução percentual do consumo elétrico, através de gráficos e tabelas com intuito de comprovar a eficácia sustentável do projeto realizado.

#### **1.6 Estrutura da monografia**

Trabalho composto por seis capítulos:

- Capítulo 1: Introdução;
- Capítulo 2: Internet das Coisas (IoT);
- Capítulo 3: Eficiência Energética em ambientes universitários;
- Capítulo 4: Desenvolvimento do Projeto;

- Capítulo 5: Apresentação dos resultados;
- Capítulo 6: Conclusão.

## **2. INTERNET DAS COISAS (IOT)**

Esse capítulo aborda sobre a Internet das coisas de maneira a apresentar seus conceitos, sua evolução, o básico de sua construção e também suas aplicações.

### **2.1 Definição e conceitos básicos de IoT**

“Segundo a literatura científica, o IoT é uma tecnologia emergente que usa a Internet para prover conectividade a objetos físicos” (MOTLAGH *et al.*, 2020). É uma tecnologia aliada à indústria 4.0 e também ao meio ambiente, pois é facilmente associada ao processo de inovação atual. Assim ela proporciona a interconexão de dispositivos físicos, que se comunicam entre eles e outros sistemas, automatizando e otimizando tarefas do cotidiano, criando um ambiente inteligente, eficiente e mantendo o controle de gerenciamento em diversos cenários. Também pode ser interpretado, sob a perspectiva da gestão empresarial, como um conjunto de tecnologias cujas capacidades permitem diminuir a lacuna entre os mundos, virtual e físico (KLEIN; PACHECO; RIGHI, 2017).

A Internet Das Coisas (IoT) pode ser empregado para a troca de dados, supervisão e operação a distância. Como ilustração, pode-se mencionar a avaliação remota do uso de energia em domicílios (CHEN, 2014). A incorporação do IoT nos sistemas de energia possibilita elevar padrões de confiabilidade (BEDI, 2018) e aprimorar sua eficácia (MOTLAGH, 2020).

Para a IBM (2024) a IoT cria uma extensa rede de dispositivos interconectados que podem trocar dados e realizar diversas tarefas de forma autônoma. Alguns exemplos cotidianos de dispositivos inteligentes vão desde relógios, assistentes virtuais, lâmpadas, termostatos, roupas com RFID (tecnologia que utiliza sinais de radiofrequência para identificar e rastrear objetos, podendo ser chips RFID ou etiquetas RFID), carros, até máquinas e sistemas industriais complexos.

## 2.2 História e evolução da IoT

O conceito de Internet das Coisas (IoT) existe há vinte anos. Com a crescente popularidade da Internet, já se considerava a interligação de equipamentos por meio dela, e de acordo com Oliveira (2017), isso se tornará realidade em todo o mundo nos próximos anos.

A história do IoT tem início no ano de 1990 por John Romkey, que criou uma torradeira que podia ser ligada e desligada através da Internet. Em 1996, Venkatesh também estudou o uso da tecnologia em ambientes empresariais como também no lar. Em setembro de 1999, Kevin Ashton apresentou uma nova proposta ao sistema RFID para rastrear o produto na cadeia de suprimentos. Para dar ênfase a sua apresentação ele a nomeou de *Internet of Things*, assim Ashton é considerado o criador dessa expressão. Em junho de 2000, foi apresentada a geladeira inteligente pela LG, que era conectada à internet e coordenada por um próprio sistema. Em 2005 essa repercussão ganhou um alerta dos governos em relação à segurança dos dados (MANCINI, 2018).

Os anos de 2008 e 2009, é o período considerado como o ano do nascimento da Internet das Coisas, caracterizada pela conexão de smartphones, computadores e tablets em maior número na população mundial. O número de dispositivos conectados à Internet até 2010, era de 12,5 bilhões, e a população humana chegou a 6,8 bilhões, tornando o número de dispositivos conectados por pessoa superior a 1 pela primeira vez na história (EVANS, 2011).

Em 2011 foi discutida a criação de padrões internacionais para a criação de objetos conectados no panorama global. O International Telecommunications Union (ITU) reúne especialistas para a formatação de um padrão global (MANCINI, 2018).

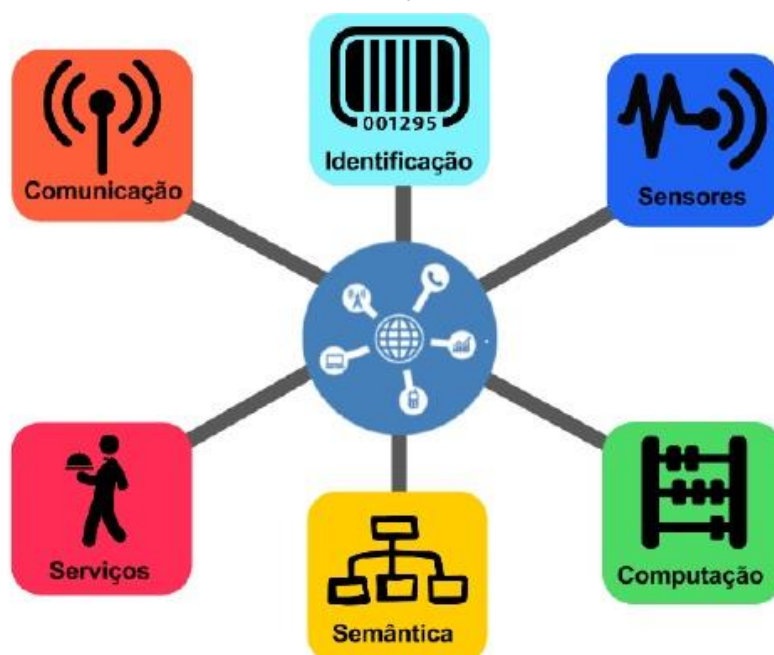
O futuro da IoT é favorável e estima-se que o número de dispositivos de IoT continue crescendo rapidamente. As estimativas sugerem que haverá dezenas de bilhões de dispositivos de IoT nos próximos anos e isso será pela sua aderência em todos os setores (IBM, 2024).

## 2.3 Estruturação básica da IoT

Uma estrutura é realizada para organizar e sistematizar componentes de um sistema de maneira lógica e eficiente. Conforme a Figura 1, a estrutura para a IoT

também permite a facilitação da comunicação, gerenciamento, segurança e eficiência entre os dispositivos conectados.

**Figura 1** - Construção básica da IoT.



Fonte: SANTOS, Bruno *et. al* (2016, p.6).

De acordo com Santos *et.al* (2016), para facilitar a integração dos objetos do ambiente físico ao mundo virtual os blocos básicos de construção da IoT devem seguir uma estrutura, sendo elas definidas pelo quadro 1.

**Quadro 1** - Blocos básicos da IoT.

Bloco	Descrição
<b>Identificação</b>	Um dos blocos mais importantes, visto que é essencial identificar os objetos exclusivamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID, NFC (Near Field Communication) e endereçamento IP (Internet Protocol) podem ser empregados para identificar os objetos.
<b>Sensores/Atuadores</b>	Sensores detectam mudanças no ambiente, como temperatura e movimento, enquanto os atuadores provocam alterações físicas. Eles são cruciais para a IoT, permitindo automação sem intervenção humana. Os sensores coletam dados do ambiente e os enviam para armazenamento, enquanto os atuadores reagem de acordo com esses dados.

<b>Comunicação</b>	Se refere a diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos. Para transmitir dados de IoT de sensores e atuadores para a nuvem, os dispositivos de IoT precisam estar conectados à internet. Algumas das tecnologias usadas são Wi-Fi (Wireless Fidelity), Bluetooth, IEEE 802.15.4 (padrão que especifica a camada física e efetua o controle de acesso para redes sem fio pessoais de baixas taxas de transmissão) e RFID.
<b>Computação</b>	Inclui a unidade de processamento como microcontroladores, processadores e FPGAs (Arranjo de porta programável em porta), responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes. Nessa opção temos, também, a computação em nuvem, em que as grandes quantidades de dados gerados pelos dispositivos IoT são armazenadas, processadas e analisadas. As plataformas de computação em nuvem disponibilizam a infraestrutura e as ferramentas necessárias para armazenar e analisar esses dados, bem como para construir e implementar aplicativos de IoT.
<b>Serviços</b>	A IoT pode prover diversas classes de serviços, como os Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) em Entidades Virtuais (EV) por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta; Serviços de Agregação de Dados que coletam e condensam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes; Serviços de Colaboração e Inteligência que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário; Serviços de Ubiquidade que visam prover serviços de colaboração e inteligência sempre que necessário.
<b>Semântica</b>	Refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Para tanto, podem ser usadas técnicas como Resource Description Framework (RDF), Web Ontology Language (OWL) e Efficient XML Interchange (EXI). Essas técnicas proporcionam uma estrutura sólida para a representação, organização e interpretação dos dados na IoT. O RDF, permite a criação de modelos semânticos para descrever recursos e suas relações de forma precisa. Já o OWL possibilita a definição de ontologias para representar conceitos e suas inter-relações de maneira formal e semântica. Além disso, o EXI oferece uma abordagem eficiente para a codificação e transmissão de dados XML, otimizando o uso de largura de banda e recursos de armazenamento.

Percorrendo por essa estrutura, a IBM (2024) realizou um levantamento para tecnologias mais complexas, a qual é demonstrada pelo quadro 2, que viabilizam a IoT e completam o quadro 1.

**Quadro 2** - Tecnologias complexas para a IoT.

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrição</b>
<b>Análise Big Data</b>	Para entender as grandes quantidades de dados gerados pelos dispositivos de IoT, as empresas precisam usar ferramentas analíticas avançadas para extrair <i>insights</i> e identificar padrões. Essas ferramentas podem incluir algoritmos de aprendizado de máquina, ferramentas de visualização de dados e modelos de análise preditiva.
<b>Tecnologia de segurança e privacidade</b>	Com a difusão das implementações de IoT, a segurança e a privacidade da IoT ganham cada vez mais importância. Tecnologias como criptografia, controles de acesso e sistemas de detecção de intrusão são usadas para proteger contra as ameaças cibernéticas os dispositivos de IoT e os dados que eles geram.

Fonte: Adaptado de IBM (2024).

## 2.4 Aplicações e Setores da IoT

Levando em conta que o objetivo da Internet das Coisas (IoT) é estabelecer uma rede interconectada de inúmeros dispositivos, é essencial que esses aparelhos possuam a habilidade de adquirir, analisar e enviar informações do ambiente físico. “Essa habilidade de detectar aspectos físicos é viabilizada pelos sensores, ao passo que o processamento e a comunicação são executados por sistemas embarcados” (WURM, 2016).

“As possíveis aplicações da IoT são amplas e variadas, podendo beneficiar diferentes setores da indústria como manufatura, varejo, transportes, assistência médica e agricultura. Com o aumento do número de dispositivos conectados à internet, é provável que a IoT tenha um papel cada vez mais importante na formação do nosso mundo e na transformação da maneira como vivemos, trabalhamos e interagimos uns com os outros” (IBM, 2024).

No quadro 3, são apresentados diversos exemplos variados e práticos de aplicações de IoT, destacando sua importância em diferentes setores e mostrando como essa tecnologia pode ser utilizada para melhorar a eficiência e aumentar a

conectividade.

**Quadro 3 – Aplicações da IoT em diferentes setores.**

<b>Setor</b>	<b>Aplicações da IoT</b>
<b>Assistência Médica</b>	Dispositivos IoT permitem a verificação remota dos pacientes, coletando dados em tempo real de sinais vitais como frequência cardíaca e pressão arterial. Esses dados são analisados para detectar padrões e instabilidades, evitando complicações. Além disso, são usados para monitorar equipamentos, inventários e medicações.
<b>Indústria</b>	A IoT oferece dispositivos para monitorar o desempenho das máquinas, detectar falhas e melhorar os processos de produção. Sensores podem ser usados para controlar temperatura e umidade, garantindo condições ideais para a produção de produtos sensíveis. Além disso, a IoT pode ser aplicada na gestão de cadeias de suprimentos e na inspeção da qualidade dos produtos finais. Essa abordagem, conhecida como IIoT (IoT Industrial), é reconhecida pela sua modernidade e escalabilidade.
<b>Varejo</b>	No varejo, a IoT é utilizada para monitorar o comportamento dos clientes, gerenciar estoques e melhorar o layout das lojas. Sensores são empregados para rastrear o fluxo de clientes, permitindo a otimização do posicionamento de produtos e aprimorando a experiência do consumidor. Além disso, a IoT é aplicada em rastreamento de remessas e controle de estoque.
<b>Transporte</b>	Neste contexto, os dispositivos são utilizados para analisar o desempenho dos veículos, encontrar as rotas mais eficientes e rastrear remessas. Sensores são empregados para monitorar a eficiência de combustível, contribuindo para a sustentabilidade, e para inspecionar as condições da carga, assegurando que ela chegue ao destino nas melhores condições possíveis.
<b>Agricultura</b>	Na agricultura, a IoT monitora solo, clima e culturas. Sensores controlam a umidade do solo para irrigação, a saúde do gado e rastreiam equipamentos, inclusive com energia solar ou baixo consumo de energia para supervisão remota.

Fonte: Adaptado de IBM (2024).

O quadro 4 expõe uma visão abrangente e detalhada das diversas aplicações da Internet das Coisas (IoT), destacando de forma clara e elucidativa como essa tecnologia inovadora pode auxiliar as organizações. Ao exemplificar não apenas a implementação da IoT, mas também seus benefícios tangíveis, o quadro oferece



sugestões valiosas sobre o potencial transformador dessa tecnologia para empresas e instituições de todos os setores.

**Quadro 4 - Complemento de aplicações na IoT.**

<b>Área</b>	<b>Aplicação</b>
<b>Internet das Coisas e Data Center</b>	Uma das aplicações mais óbvias da Internet das Coisas no Data Center é a sua utilidade nos medidores de temperatura e umidade. Tanto os sensores construídos a partir de 'Arduino', que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, como os comercializados pelo mercado já para um fim específico, têm sido amplamente utilizados para controlar a temperatura e umidade de data Centers. Estes sensores são integrados à alguma ferramenta de monitoramento de redes e sistemas e, caso a sua temperatura ultrapasse 24°C ou 70% de umidade, por exemplo, são gerados alertas para a tomada de ações corretivas. Esses alertas podem indicar, que o ar-condicionado não está funcionando, colocando em risco a integridade dos servidores alocados no Data Center.
<b>Marketing de produto X Pesquisa de mercado</b>	Usar a Internet das Coisas nesse sentido é fazer a sua aplicabilidade na coleta de dados em tempo real. Esse processo pode ser mais rápido e mais preciso se comparado às pesquisas de mercado feitas com o consumidor.
<b>Monitoramento de Cliente</b>	Com a Internet das Coisas é possível descobrir a quantidade de clientes que entra na sua loja. Para isso, é preciso instalar sensores de movimento que contam as pessoas que passaram por uma determinada entrada de loja. Essa alternativa pode ser considerada um grande aliado na boa gestão de varejo e pode oferecer informações úteis para uma boa gestão da empresa.

Fonte: Adaptado de GODOI.M, Araújo.L (2019) *Apud* CANALCOMSTOR (2016).

### 3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES UNIVERSITÁRIOS

A eficiência energética é uma definição necessária para gestão consciente dos recursos disponíveis em nosso planeta. Quando se fala em energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade com o menor recurso natural possível. Trata-se de realizar atividades, operar dispositivos e sistemas de forma mais inteligente, com o intuito de diminuir a perda de energia e minorar o impacto ambiental que possa existir.

As universidades e os estabelecimentos de ensino superior, cientes da responsabilidade do projeto de novas gerações para o futuro, não apenas têm que advertir a sociedade sobre a degradação da natureza, mas também sugerir soluções razoáveis, argumentar em favor de possíveis substituições e ainda servir como exemplo. E mesmo os próprios estudantes, convencidos da correção de seu

comportamento, podem popularizar suas práticas e influenciar o comportamento de toda a sociedade (KRAEMER, 2004).

Com o crescimento econômico e a multiplicação populacional, os investimentos em fontes energéticas proveniente de combustíveis fósseis, geram uma crise ambiental evidente, sobretudo pelas mudanças climáticas e pelo aquecimento global. A crise ambiental atual faz com que sejam urgentemente necessárias soluções que alterem significativamente os sistemas de produção e consumo de energia, bem como esclarecer as sociedades que passaram de condições de abundância de energia e materiais para condições de escassez (RENNER *et al.*, 2015).

Nos últimos tempos, a eficiência energética tornou-se um assunto de grande importância tanto para fins econômicos quanto ambientais. As iniciativas ditas pelas normas nacionais ou internacionais, algumas com requisitos obrigatórios, despertam a responsabilidade ambiental das universidades no âmbito mundial, e, conseqüentemente, nas universidades brasileiras.

De acordo com Thomashow (2014), a energia é essencial para o desempenho de esforços em direção à sustentabilidade nos campos universitários. As preocupações com o uso e a gestão da energia têm o potencial de gerar lideranças e resultados significativos que mudam a sociedade, a comunidade acadêmica e o campus.

A crescente demanda por eletricidade e os atuais desafios ambientais provocados pelas mudanças climáticas, se faz necessário ponderar estratégias atuantes na oferta de energia e principalmente na demanda que responde pelos desperdícios energéticos (KIPERSTOK e KIPERSTOK 2017). A partir desse pressuposto, a utilização de fontes renováveis de energia e a implantação de providências para eficiência energética mostram-se oportunas (DOVÌ *et al.*, 2009).

O PNE 2030 (Plano Nacional de Energia) tem sinalizado significativas mudanças que estão ocorrendo no ambiente energético ao redor do mundo. Essas mudanças evidenciam a urgência de revisar a evolução do setor energético brasileiro, de modo que devem ser consideradas diferentes fontes renováveis na produção de energia (BRASIL, 2007). A eficiência energética é um dos temas que intervém na economia devido a novas tecnologias, assim como a evolução sobre mudanças climáticas e seu impacto na economia vem sendo muito presente em discussões (BRASIL, 2013, p. 21).

Dentre os diversos temas que poderiam ser discutidos como uma extensão universitária destaca-se a energia, sobretudo, aos modos como ela pode ser usufruída de forma eficiente e ainda promover proteção climática. Em suma, a produção de energia é uma das temáticas ambientais mais discutidas em todo o mundo, tendo em vista que, se a sua produção não for sustentável, pode gerar impactos prejudiciais, não somente para organizações locais, mas para todo o planeta. Contudo, eficiência energética não é um tema comumente tratado durante o ensino fundamental nas escolas brasileiras (VIDO; DEGASPERI; NARDY, 2016).

Por sua vez, para analisarmos a efetivação econômica de um Projetos de Eficiência Energética, devemos encará-los como Projetos de Investimento. Segundo Schroeder (2005) os projetos dessa natureza podem ser financiados por meio de investimento de terceiros, capital próprio, ou de reinvestimento de lucros e essas fontes de financiamento, precisam ser persuadidos da validade e do retorno satisfatório de seus investimentos e, além disso, essas organizações normalmente procuram buscar um mecanismo favorável, que possa agregar mais valor, com o menor custo de capital.

Segundo a nota técnica DEA 14/10 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2010), o termo Eficiência Energética começou a se consolidar a partir da escassez do petróleo em meados de 70, até essa época a energia desenvolvida pelas empresas era através de fontes não renováveis. Onde foi constatado que os custos para gerar energia seriam cada vez superiores, o que como efeito encarecem os produtos. Foi a partir daí que começaram a controlar alguns equipamentos e, também, algumas práticas de consumo, e a partir deste monitoramento surgiu uma melhor eficácia no uso da energia elétrica.

De acordo com o último Balanço Energético Nacional (BEN) demonstra que no ano de 2013, os âmbitos residencial, comercial e público utilizaram 48,5% de toda a energia consumida no país (EPE, 2014). De acordo com Lamberts *et al.* (2014) a capacidade técnica de economia de energia elétrica em edificações existentes é avaliada em 30%, caso considerarmos a eficiência energética desde o início das edificações, essa economia pode alcançar até 50%. Nas universidades não é diferente, e de acordo com Flores *et al.* (2013), "por mais que a escala dos impactos seja global, é ao nível local que muitos impactos são apresentados e onde as ações podem ser eficazes".

Considerando a problemática, tema como eficiência energética pode ser abordado no processo educacional, visando, especialmente à compreensão de que os impactos atuais no meio ambiente decorrem da ação do homem e cabe a ele agir para reverter o cenário. Para que esses temas cheguem às salas de aula e, conseqüentemente, às famílias dos estudantes, em conformidade com a proposta curricular apresentada, no que se refere à educação ambiental, a extensão universitária pode assumir um papel essencial. Na subseção seguinte, discorre-se justamente sobre esse assunto.

### **3.1 Conceito de Universidades Sustentáveis (US)**

As universidades são, dentre todos os níveis de ensino, instituições de excelência nas ciências e preparadas para formar alunos com base em princípios sistêmicos, éticos e interdisciplinares. Eles também são essenciais para muitas facetas da vida social, desempenhando um papel transformador porque transmitem conhecimentos. E, especialmente, são responsáveis pela maioria das pesquisas ambientais e tecnológicas. Por essa razão, são vistos como uma parte importante da produção de conhecimento porque ajudam a classificar os problemas ambientais para o desenvolvimento de novas tecnologias com as empresas e o poder público.

O reconhecimento do papel que as universidades podem contribuir na transformação de sociedades mais sustentáveis tem aumentado nas últimas duas décadas. A implementação da sustentabilidade na educação superior é uma das medidas possíveis e a mudança para um modelo conhecido como Universidade Sustentável (US) é o primeiro passo. A discussão sobre empresas, cidades e um mundo mais sustentável é a origem da temática Universidade Sustentável. As universidades sustentáveis abrangem questões como educação, pesquisa, formação política e troca de informações que são essenciais para o desenvolvimento sustentável.

US é uma instituição de ensino superior, seja em nível regional ou global, que visa reduzir os efeitos ambientais, sociais, econômicos e de saúde causados pelo uso de seus recursos no desempenho de suas funções de ensino, pesquisa, extensão e manutenção, a fim de ajudar a sociedade a adotar estilos de vida sustentáveis (VELAZQUEZ *et al.*, 2006).

Universidade Sustentável (US) é uma organização que vai além de seus limites para ajudar a desenvolver uma sociedade de maneira sustentável, além de cumprir seus deveres no ensino e pesquisa. Ela trabalha para aumentar a conscientização e compartilhar experiências para minimizar os impactos e efeitos ambientais (JÚNIOR *et al.*, 2010).

“Um campus sustentável deve integrar a educação para a sustentabilidade com a gestão institucional, o ensino e a pesquisa, incluindo a gestão de recursos e resíduos, para que tanto as comunidades internas quanto externas possam aprender e praticar estilos de vida que beneficiam tanto as gerações atuais quanto as futuras” (DISTERHEFT *et al.*, 2012).

De acordo com König (2013) um campus é definido por três elementos principais. Eles incluem a gestão da infraestrutura ambiental, a aplicação de ideias ambientais no desenvolvimento sustentável e campanhas ou programas de adoção de boas práticas. Eles devem ser combinados por meio da comunicação, que permite uma melhor articulação entre a comunidade acadêmica e as estratégias de gestão.

Universidades possuem a função de ajudar a sociedade e, por isso, devem fazer o que for possível para resguardá-la de ameaças, como a degradação ambiental. A Conferência de Estocolmo, de 1972, é citada pelos autores como a pioneira em reconhecer formalmente a relevância da proteção e conservação do meio ambiente na educação (LOZANO *et al.*, 2013).

De acordo com os estudos de Castañeda e Quintero (2015), é possível considerar uma instituição de ensino superior (IES) um campus sustentável quando ela envolve e promove a minimização dos impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela ação humana em sua infraestrutura.

Conforme Shriberg (2002), estudos de caso sobre boas práticas de IES sustentáveis mostram que essas instituições se esforçam para incorporar questões relacionadas à sustentabilidade em suas funções principais de ensino (os alunos são ensinados sobre ecologia e outras questões de sustentabilidade são formados pela integração desses temas nas aplicações práticas); pesquisa, serviços e operações, refletindo seus valores principais. O mesmo autor afirma que essa definição é usada para avaliar quanto uma IES está próxima de uma instituição idealmente sustentável.

Eventos e declarações foram criados e assinados para aumentar a sustentabilidade das instituições de ensino superior. Estocolmo (1972), Talloires (1990), Halifax (1991) e Swansea (1993) são apenas alguns exemplos de eventos e declarações que visam incentivá-los a incorporar filosofias e princípios de sustentabilidade em todas as suas atividades. Eles também desempenham um papel importante no fortalecimento da agenda de sustentabilidade nas IES, oferecendo um fórum para troca de conhecimento, inspiração e ação coletiva em prol de um futuro mais sustentável.

Em conclusão, uma universidade sustentável não apenas ensina sobre sustentabilidade, mas também faz o que diz, adotando ações práticas para reduzir seus efeitos, aumentar a igualdade social e contribuir para um futuro mais duradouro e sustentável.

#### **4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

Existem alguns componentes que fornecem aos sistemas IoT a capacidade de interagir no mundo físico, os “atuadores”, que permitem ações físicas. “Desta forma, define-se dispositivos IoT como sistemas integrados a sensores ou atuadores com capacidade de comunicação” (GUTH *et al.*, 2016).

Com base nessa definição, o projeto consiste em aplicar um sensor de presença por infravermelho nas salas de aula da FATEC Mauá, visando o controle de consumo de energia, com foco na iluminação, oferecendo visibilidade de quais salas estão disponíveis por meio de uma página WEB, tornando assim uma experiência ampla e personalizada para a instituição.

O sensor terá um medidor de corrente e um módulo Wi-Fi, que enviará os dados para uma página web. Sobre a página web, HTML para a estrutura, também conhecida como corpo, o código CSS para estilizar e o JavaScript para controle de dados e produção dos requests (solicitações de dados) para a API, que retornará os dados do módulo Wi-Fi. Na API conterá um endpoint que envia e busca dados até o sensor. Para o servidor a linguagem usada será o Python.

##### **4.1 Modelo de instalação do sistema em sala de aula**

O desejo de realizar este projeto surgiu das observações de alguns

professores sobre os desperdícios de energia nas salas de aula: Salas de aula, em que as luzes são esquecidas acesas e ficam ligadas durante longos períodos, ou até mesmo correndo o risco de permanecerem ligadas nos finais de semanas. Com a finalidade de reduzir o consumo de energia e contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável, após as constatações dos desperdícios *in loco*, (pois por várias vezes os alunos chegaram na sala e as luzes encontravam-se acesas), foram realizadas reuniões com os membros do grupo, identificou-se que a solução perfeita para atender essa demanda seria a implantação dos sensores nas salas de aulas como projeto futuro, tendo em vista que a economia conseguida no ambiente de testes obteve um retorno favorável, percebeu-se a importância deste estudo como uma futura proposta que possa vir a ser utilizada nas entidades de ensino superior.

Pensando na aplicabilidade deste estudo, para ambientes de sala de aula da FATEC Mauá, foram realizados levantamentos de dados como, medição da sala, quantidade de carteiras, posição da porta e janelas, para se projetar a instalação de sensores, com vista na diminuição do consumo de energia elétrica.

Para esse trabalho, foi realizada uma simulação na sala A27, que está localizada no segundo piso, no bloco A.

A sala de aula usada para o estudo tem capacidade para 40 lugares. O sistema de iluminação é constituído por 18 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W cada, divididas em 09 luminárias duplas. As aberturas para ventilação e iluminação natural apresentam dispositivo de sombreamento externo formado por brises-soleil horizontal. Para a especificação dos dados observe a tabela 1.

**Tabela 1 – Características da sala A27.**

<b>Elementos</b>	<b>Características</b>
<b>Dimensões</b>	<b>6,90 x 9,70 m</b>
<b>Pé direito</b>	<b>3,30 m</b>
<b>Paredes</b>	<b>2/3 Cor Branca e 1/3 cor bege</b>
<b>Teto</b>	<b>Cor Branca</b>
<b>Carteiras</b>	<b>40 Carteiras de cor Branca e verde</b>
<b>Lousa</b>	<b>Cor Verde Musgo</b>

<b>Proteção solar externa</b>	<b>Brise-soleil</b>
<b>Luminárias</b>	<b>09 Luminárias</b>
<b>Lâmpadas</b>	<b>18 lâmpadas</b>

Fonte: Autoria Própria (2024).

Conforme as recomendações do fabricante do sensor, podemos verificar a quantidade de lâmpadas que podem ser instaladas com o sensor, para que não haja perigo de curto, ocasionando futuros acidentes.

Para a identificação da área onde os sensores de presença deverão ser instalados, deve-se levar em consideração a localização da porta de acesso, janelas, assim como a disposição dos móveis no ambiente.

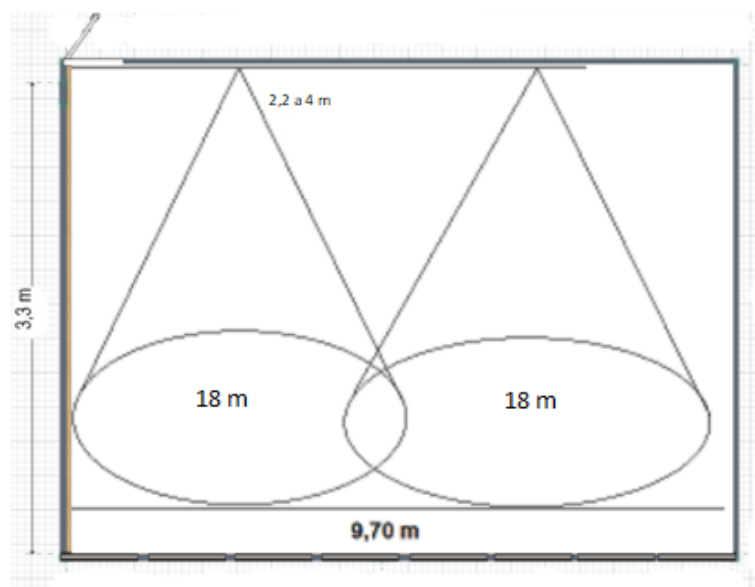
Apesar de no momento da verificação, algumas lâmpadas estarem queimadas, nesse cálculo consideramos o pleno funcionamento de todos os equipamentos. Depois de selecionados os sensores e sua quantidade, é hora de verificar o posicionamento correto destes aparelhos na sala de aula. Esse tipo de sensor deve ser instalado em locais estratégicos e que ofereçam uma abrangente cobertura, garantindo que qualquer movimento seja detectado de forma precisa e rápida.

Após realizar a instalação dos sensores, é necessário configurar o dispositivo de acordo com as medidas específicas da sala de aula. Para uma sala com as características apresentadas, seria necessário a quantidade de dois sensores, para que o infravermelho irradiado pelo aparelho possa escanear toda a extensão da sala de aula, tendo assim um amplo ângulo de detecção. Isso se deve à estrutura física típica do ambiente, que frequentemente inclui vigas e colunas, elementos que podem interferir na detecção adequada de movimentos ou presenças. Ao adicionar dois sensores, posicionados estrategicamente em locais opostos ou complementares da sala, seria possível minimizar as chances de áreas cegas ou falhas na detecção. A presença de vigas ou colunas poderia, de outra forma, criar obstáculos para a detecção precisa de movimentos, especialmente em áreas mais distantes ou menos visíveis para um único sensor. Essa duplicidade na instalação dos sensores não representaria um aumento significativo nos custos totais do projeto, pois a economia de custos é garantida, conforme demonstraremos nos próximos segmentos do trabalho.



Esta perspectiva pode ser observada na Figura 02.

**Figura 2** – Aplicação em sala de aula.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com superfície de toda a sala coberta pelo infravermelho do sensor de presença, assim que o sistema detectar movimentação de corpos quentes no ambiente, o aparelho acionará a iluminação das lâmpadas. Após a cessação da fonte de calor e não houver novas identificações durante próximo minuto, a iluminação das lâmpadas será desativada de forma automática.

## 4.2 Sensor

A iluminação artificial é uma ferramenta que ajuda o homem a se adaptar a uma nova realidade, a industrialização e sua natureza visual. Ao decorrer do tempo, a iluminação, que antes era rústica e arcaica, foi mudando e ganhando outras funções, como objeto de decoração. No entanto, a iluminação artificial continuou a crescer e seu uso aumenta a cada dia, com novos recursos para sua utilização.

A automação da iluminação é uma ideia recente que foi vista como design e luxo. Atualmente, no entanto, consideramos esse recurso como um limitador de custos energéticos, o que significa que ele ajuda a otimizar o uso da energia elétrica. Devido ao fato de que a energia elétrica não é apenas um problema financeiro, mas

também um problema ambiental, se o seu consumo afeta o meio ambiente e pode resultar na perda da capacidade de obter energia em um futuro próximo. A energia elétrica é um recurso essencial para as necessidades básicas da sociedade moderna. Além disso, a busca de soluções sustentáveis que tenham o menor impacto ao meio ambiente tornou-se uma prioridade global. Um dos melhores métodos para economizar energia é controlar seu próprio sistema de iluminação usando sensores de presença e movimento, pois seu uso permite a economia de mais energia para o meio ambiente.

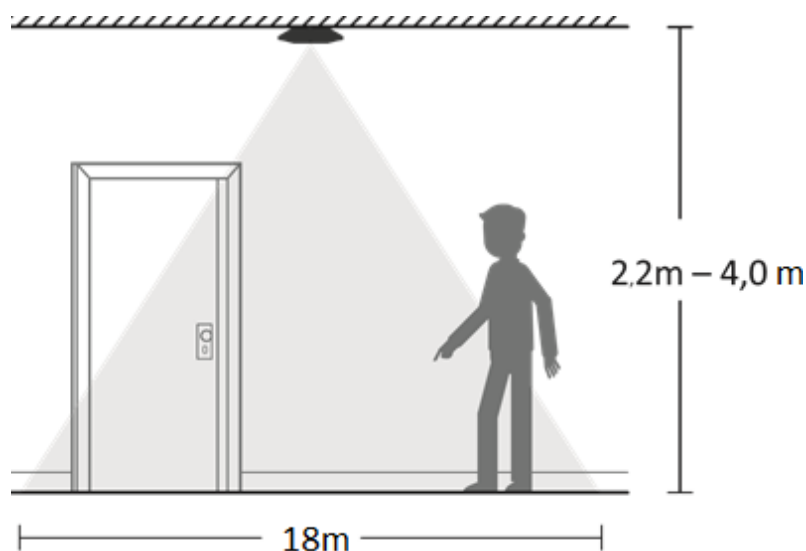
Esses sensores, também conhecidos como sensores de proximidade, são projetados para detectar corpos sólidos, líquidos ou gasosos próximos e presentes. Utilizando a radiação infravermelha ou radiação térmica para se detectar a proximidade, são chamados de passivos por detectarem o calor do corpo no ambiente e não emitir luz infravermelha (CAPELLI,2012).

Os sensores de presença gerenciam os estados de iluminação quando o infravermelho é acionado pela detecção de fontes de calor no local, acendendo a lâmpada.

O sensor escolhido para este projeto foi o modelo ESP 360+, ele dispõe de um infravermelho que reconhece fontes de calor para detectar a movimentação de corpos quentes, como pessoas, animais de porte médio e grande e objetos. Possui a vantagem de ser instalado embutido ou sobreposto no teto. Ele tem funções exclusivas, como funcionar apenas como fotocélula e simular presença. O produto combina praticidade, estilo, eficiência energética e segurança. Além disso, foi feito um levantamento, com intuito de verificar os preços do sensor. Nessa pesquisa foi constatado que o valor varia entre R\$25,99 a R\$40,03.

Como resultado, após a saída do ambiente utilizado, os sensores deixam de reconhecer a presença do usuário, ou a movimentação de corpos quentes, por um intervalo de tempo especificado, a iluminação é desligada caso não seja detectado nenhum movimento. O tempo esperado pode ser ajustado de dez segundos a dez minutos, dependendo da preferência do usuário (INTELBRAS, 2024).

A Figura 3 ilustra detalhadamente o alcance do sensor, o qual demonstra sua capacidade de detecção de até 18 metros quando instalado a uma altura situada entre 2,2 e 4 metros, conforme suas especificações técnicas.

**Figura 3 - Identificação do sensor ESP 360+.**

Fonte: Intelbras (2024).

#### 4.2.1 Funcionamento

O ESP 360+ é um sensor de presença com detecção infravermelha para iluminação, que acende as luzes ao detectar movimento ou fontes de calor no ambiente e desliga após não identificar essas funcionalidades. É compatível com qualquer tipo de lâmpada. Com um alcance de 18 metros, destaca-se como um dos sensores de maior alcance disponível no mercado atualmente. Sua versatilidade permite sua utilização em diversos ambientes, garantindo uma detecção eficaz em uma ampla área de cobertura. É importante ressaltar que a instalação do sensor deve obedecer a uma altura mínima de 2,2 metros e máxima de 4 metros, para assegurar o melhor desempenho possível. Para uma visualização mais detalhada do sensor e sua configuração. A Figura 4 apresenta o sensor definido para este projeto.

**Figura 4 - Sensor ESP 360+.**

Fonte: Intelbras (2024).

#### **4.2.2 Especificações técnicas do Sensor ESP 360+**

Com suas características distintivas e capacidades avançadas, o sensor ESP 360+ destaca-se como uma solução robusta e confiável para uma variedade de cenários de uso. Sua flexibilidade e adaptabilidade permitem que seja integrado em diferentes ambientes e sistemas, proporcionando uma funcionalidade essencial para monitorar e controlar variáveis ambientais, bem como para automatizar processos de forma eficiente e precisa.

A Figura 5 ilustra as principais especificações do sensor ESP 360+. Este sensor é ideal para diversas aplicações, desde monitoramento ambiental até sistemas automatizados, apresentando um panorama abrangente de suas características e capacidades. Este sensor destaca-se como uma solução versátil e multifuncional, adequada para uma ampla gama de aplicações, que vão desde o monitoramento ambiental até a implementação de sistemas automatizados. Sua flexibilidade e adaptabilidade o tornam uma escolha ideal para diversos ambientes e contextos, proporcionando uma detecção precisa e confiável em uma variedade de situações.

**Figura 5** - Lista de especificações do sensor ESP 360+.

Tensão de alimentação	Bivolt automático (100 a 240 Vac)
Frequência da rede elétrica	50/60 Hz
Distância máxima de detecção	18 m (a 24 °C)
Ângulo de detecção	360°
Altura de instalação	2,2 a 4 m
Temperatura de operação	0 a 40 °C
Ajuste de tempo	» Mínimo: 10s ±3s. » Máximo: 10min ±3min.
Ajuste luminosidade (fotocélula)	<10 até 2000 lux
Tipos de lâmpada	Incandescente e econômicas (LED e fluorescentes).
Grau de proteção	IP20 (ambientes internos)

Fonte: Intelbras (2024).

### 4.3 Medidor de Corrente

De acordo com YHDC1992 (2024), a loja online de dispositivos de indústrias e IoT, “O SCC013AC é um medidor de corrente que opera com base no princípio do efeito Hall, o que o torna adequado para medir correntes contínuas (DC).”

Em resumo, o efeito Hall é um fenômeno fundamental que tem aplicações importantes em eletrônica, medições de corrente e detecção de campos magnéticos devido à sua sensibilidade e capacidade de operar de forma não invasiva em circuitos elétricos (TAVARES, 2018).

Geralmente, o SCC013AC pode medir correntes na faixa de alguns miliamperes até várias dezenas de amperes, dependendo do modelo específico. Ele requer uma tensão de alimentação específica para funcionar corretamente. Isso pode variar, mas geralmente está na faixa de 3,3V a 5V DC.

Ele possui uma saída de sinal proporcional à corrente medida. Isso pode ser uma saída analógica, digital ou ambos, dependendo do modelo. A saída de sinal é utilizada para conectar o medidor a um microcontrolador ou dispositivo de monitoramento.

Assim, o medidor de corrente nada mais é do que um sensor que mede a corrente elétrica em um circuito. Ele é constituído de três terminais: VCC (Alimentação), GND (neutro) e OUT (saída de dados).

As saídas do medidor SCC013AC costumam ser compatíveis com eletrônica digital, facilitando a integração com sistemas de IoT que usam microcontroladores ou dispositivos de processamento de dados. Além disso, ele consiste no consumo de baixa energia, o que é uma consideração importante em dispositivos IoT. Ao combinar o medidor de corrente com módulos Wi-Fi ou outros protocolos de comunicação, é possível monitorar e controlar a corrente elétrica remotamente, o que é essencial para aplicações de IoT distribuídas. E devido à sua natureza digital e a capacidade de comunicação, esses medidores de corrente podem ser facilmente integrados em plataformas de IoT existentes, permitindo uma visão abrangente dos dados de energia em um sistema IoT mais amplo (YHDC1992, 2024).

Seu preço varia de R\$9,00 até R\$200,00 a depender da especialidade da loja, para esse projeto foi achado pelo preço de R\$53,64 no e-commerce Curto Circuito, site confiável e já utilizado para a realização de outros projetos de IoT. Na Figura 6 temos a visualização do medidor de corrente do modelo SCC013AC, nesse caso, escolhido para o projeto.

**Figura 6** - Medidor de corrente SCC013AC.



Fonte: Curto Circuito (2024).

#### 4.4 Módulo ESP8266 como Computação

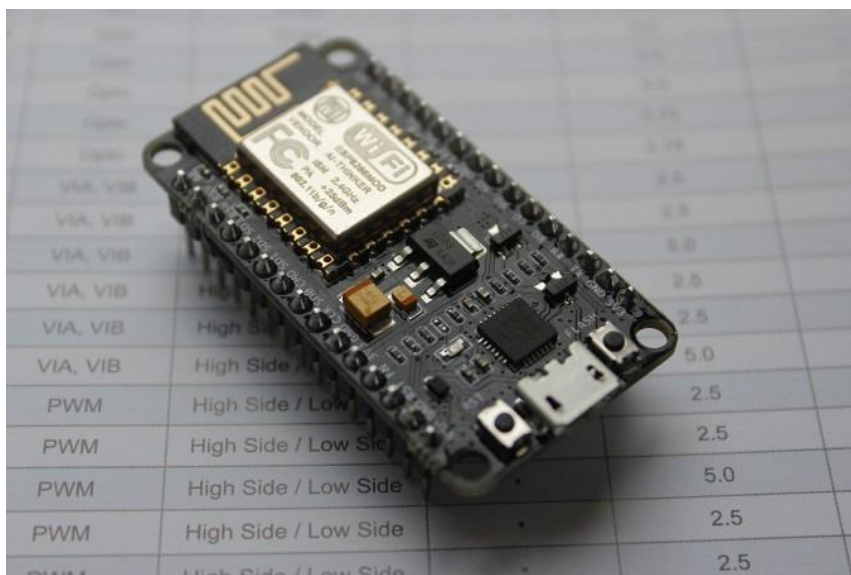
A partir de meados da década de 1970, sistemas embarcados começaram a automatizar tarefas anteriormente manuais, destacando-se os SoCs (System-on-Chip), que agregam mais funcionalidades em um único componente, conhecidos como microcontroladores, devido à sua capacidade de controle e automação, possuem interfaces de entrada e saída com dispositivos elétricos. Inicialmente usados na indústria, sua aplicação se expandiu para várias áreas de atividade humana. “As funcionalidades agregadas aos microcontroladores inicialmente se resumiam a interfaces de entrada e saída (I/O) e a agregação mais recente sendo interfaces de rede, Ethernet, Wi-Fi e Bluetooth” (OLIVEIRA, 2017).

No ano de 2014, foram lançados os microcontroladores da família ESP8266EX, criados pela empresa chinesa Espressif Systems contando tanto com suporte a redes Wi-Fi quanto com o protocolo TCP/IP (do inglês Transmission Control Protocol/ Internet Protocol, em português Protocolo de Controle de Transmissão/ Protocolo de Internet). Isso é possível, a partir da aplicação dos conceitos de sistema em um chip (SoC) que adiciona alguns periféricos extras a circuitos integrados (KOLBAN, 2016; STREIF, 2019).

Ele é um dispositivo de alta procura e justifica-se por se tratar de um microcontrolador bastante potente, versátil e, principalmente, muito barato tendo valores, inclusive, abaixo de R\$20,00, em sites nacionais (KOLBAN, 2016; OLIVEIRA, R., 2017).

O microcontrolador ESP8266, exibido na Figura 7, foi escolhido para as aplicações deste trabalho. Os motivos para a sua escolha são:

- Preço – Um módulo pode ser adquirido em sites chineses por cerca de 3 dólares, pronto para uso, o que o torna um potencial para aplicações de baixo custo, facilitando sua integração a todo tipo de aplicação ou também em e-commerce especializados em elétrica e robótica, em que os preços variam de R\$3,00 até R\$68,00.
- Disponibilidade de módulos – todos os módulos propostos e popularizados para o Arduino, que cria conectividade entre software e hardware, são compatíveis com o ESP8266. A integração dessas placas se torna muito mais prática, favorecendo o desenvolvimento de aplicações IoT de forma rápida.

**Figura 7** - Módulo Wi-Fi ESP8266.

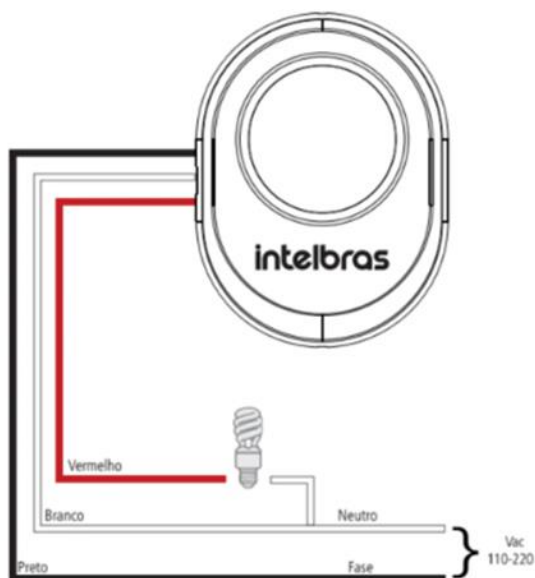
Fonte: Campos, Augusto (2015).

#### 4.5 Instalação dos Equipamentos

O sensor é bivolt, ou seja, pode ser usado na tensão da rede elétrica em 127V ou 220V. No caso de 127V, se for utilizado em lâmpadas incandescentes, a potência máxima é de 1200W, caso seja utilizado em lâmpadas LED, a potência máxima é de 200W. No caso de 220V, se for utilizado em lâmpadas incandescentes, a potência máxima é de 2000W, caso seja utilizado em lâmpadas LED, a potência máxima é de 300W.

O procedimento de instalação deste sensor é geralmente considerado relativamente simples e direto. O sensor em questão é facilmente identificado pelos três fios que o compõem, cada um marcado com uma cor específica: branco, preto e vermelho, conforme claramente ilustrado na Figura 08. Essa identificação visual simplifica significativamente o processo de instalação, proporcionando uma orientação clara para os instaladores, mesmo para aqueles menos experientes. Ao seguir estas indicações visuais, é possível realizar uma instalação rápida e eficiente do sensor, garantindo seu correto funcionamento e integração com o sistema.



**Figura 8** - Conexão elétrica.

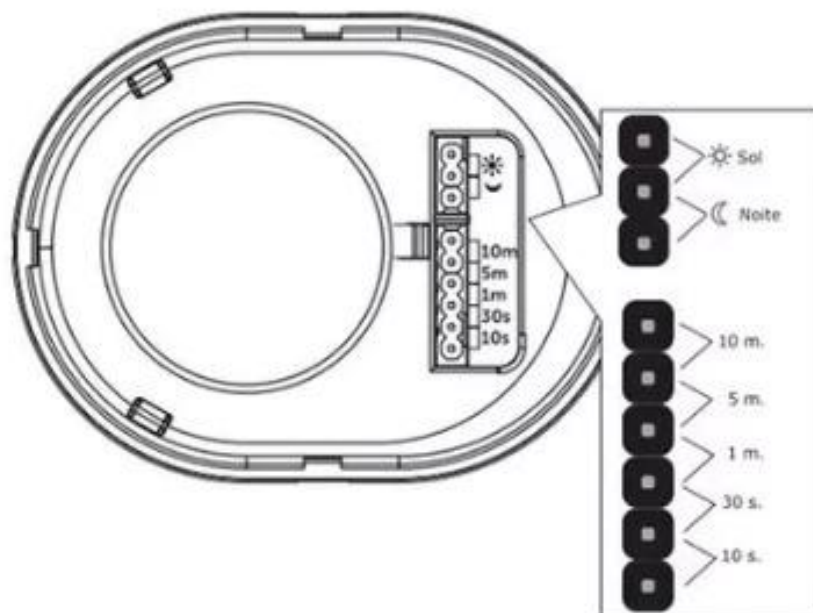
Fonte: Olimpico (2024).

O fio branco será ligado ao neutro, o qual vai direto para o circuito de iluminação que ele está controlando. O vermelho é a saída do retorno da lâmpada e o preto é a entrada de fase, com duas regulagens, a regulagem de luminosidade, pode ser configurada para que o sensor trabalhe com muita luz, pouca luz ou sem luz, possuindo três níveis de regulagem. A outra regulagem é o jumper de tempo, podendo ser configurado para ficar entre 10 segundos a 10 minutos.

Após realizar cuidadosamente a decapagem dos fios, é imprescindível avançar para a próxima fase, a abertura do sensor. Este passo é fundamental para viabilizar a ajustagem precisa do jumper, uma operação que requer precisão e atenção aos detalhes. É importante garantir que cada movimento seja feito com cautela, pois mesmo um pequeno deslize pode não alcançar o resultado final e gerar revisões do processo. Também é possível observar que o sensor ESP 360+ possui dois modos, sol e lua. No sol, ativa-se normalmente, enquanto na lua, opera à noite com baixa luminosidade para opções de locais externos. Para um projeto de sala de aula que funciona tanto de dia quanto de noite, o modo ideal seria o modo sol pois é versátil. Ele adapta-se habilmente às condições noturnas e diurnas da sala de aula. Sua capacidade de detectar nuances na luminosidade, incluindo luz artificial à noite, demonstra sua adaptabilidade. Com algoritmos sofisticados, proporciona um ambiente iluminado e seguro tanto de dia quanto à noite, atendendo às

necessidades dos usuários. Para observar este procedimento com clareza e identificar a posição dos elementos citados, é possível consultar a Figura 9.

**Figura 9** - Jumper de configuração.



Fonte: Mercado Livre (2024).

Para o Sensor de Presença o fio preto (Fase) deve ser conectado ao terminal de entrada do medidor de corrente SCC013AC e ao ESP8266 em um pino de entrada digital. O fio branco (Neutro) se conecta ao neutro do circuito elétrico das lâmpadas e ao neutro da fonte de alimentação do ESP8266. Já o fio vermelho (Saída de Dados) se interliga ao pino de entrada digital do ESP8266 para enviar dados de detecção de movimento.

O Medidor de Corrente SCC013AC tem o fio preto (alimentação) ligado ao fio preto do sensor de presença para medir a corrente elétrica que passa pelas lâmpadas. O GND (Neutro) ao neutro do circuito elétrico principal. E o OUT (Saída de Dados) vai ao pino de entrada de dados do ESP8266 para enviar dados de corrente.

Lâmpadas, que já são instaladas, devem ter o padrão, sendo o fio preto (Fase) ligado ao circuito elétrico principal para alimentar as lâmpadas e fio branco (Neutro) ao neutro do circuito elétrico principal.

Com a conexão realizada, o módulo Wi-Fi deve ser conectado ao roteador, para que ele possa ler os dados de consumo, converter para a fórmula e então apresentar os resultados na página WEB. Assim, seguindo a lógica da programação do módulo Wi-Fi.

## **4.6 Comunicação**

A comunicação se refere a diferentes camadas que completam os protocolos de comunicação em um sistema de rede. Cada um tem suas próprias funções e responsabilidades correspondentes e que garantem eficiência e confiança entre dispositivos de uma rede. Para essa proposta foi escolhido o Wi-Fi.

### **4.6.1 Wi-Fi como Comunicação**

O Wi-Fi (Wireless Fidelity) antes conhecido como padrão IEEE 802.11 foi popularizado. A sugestão de fazer conexões de dispositivos a redes locais sem fio foi possível, mesmo sendo muito questionada. Para Oliveira (2017) é comum a presença de um elemento de rede dedicado a interligar a rede Wi-Fi à rede cabeada provendo seu acesso à internet. Esse elemento dedicado é conhecido como AP (Access Point – Ponto de Acesso) ou roteador wireless.

Para a aplicação e desenvolvimento dos sistemas de sensores visando a iluminação, o Wi-Fi oferecerá:

- Controle remoto: Possibilita controle remoto dos dispositivos conectados. Assim sendo possível gerenciar o consumo de energia e quais as salas disponíveis na universidade.
- Transferência de dados: o módulo Wi-Fi junto com o sensor de presença e o medidor de corrente permitem o envio de dados para a página web via wireless e em tempo real. Incluindo informações sobre a presença de pessoas na sala de aula e o consumo de energia.
- Acesso à informação: Com a conexão, a página pode receber e exibir informações atualizadas, oferecendo aos usuários administradores a capacidade de verificar o status das salas em tempo real, ajudando na tomada de decisões, garantindo uma melhor otimização de análises.

## **4.7 Identificação**

Os chips do modelo ESP8266EX têm a capacidade de criar sua própria rede Wi-Fi (COSTA, 2022).

Cada projeto tem suas especificações e, com isso, cada tipo de identificação. A seguir, será apresentado os diferentes tipos de comunicação neste trabalho.

### **4.7.1 Arquitetura Cliente Servidor**

Essa arquitetura é um modelo de comunicação que envolve clientes e servidores. Os clientes são os que solicitam serviços ou recursos a um servidor, podendo ser eles dispositivos, como os sensores. Servidores fornecem serviços que foram solicitados e enviam respostas de volta ao cliente.

Um dispositivo de IoT pode agir como cliente, conectando-se a servidores para enviar ou receber informações sobre seu funcionamento. Por exemplo, um dispositivo que monitora a temperatura pode periodicamente enviar dados para um servidor ou fazê-lo se a temperatura exceder limites pré-determinados. “Diversos servidores podem ser úteis em projetos de IoT, incluindo servidores de arquivos, servidores web, servidores de bancos de dados, servidores de mensagens ou e-mails, entre outros” (OLIVEIRA, 2017).

Para os sensores temos um servidor que os gerenciará. Esse servidor será responsável por receber informações dos sensores e realizar a tomada de decisão. Cada sensor na sala de aula é um cliente. Eles serão responsáveis por detectar a presença de pessoas na sala e enviar essa informação para o servidor.

### **4.7.2 TCP/IP**

O TCP/IP é essencial para a comunicação na internet e na Internet das Coisas (IoT), assegurando a entrega dos dados (TCP) e gerenciando o roteamento e endereçamento dos pacotes (IP). Oliveira (2017) destaca que dispositivos IoT agem como aplicativos servidores, prontos para receber solicitações ou fornecer informações. A camada de transporte, dentro do TCP/IP, garante comunicação confiável entre aplicações, usando portas para identificar origem e destino dos dados. “O IPv6 resolve a escassez de endereços do IPv4, viabilizando bilhões de

dispositivos conectados na IoT. Na prática, sensores IoT enviam dados para servidores usando TCP/IP, HTTP ou HTTPS, cada dispositivo com um endereço IP exclusivo, garantindo uma comunicação confiável e ordenada” (OLIVEIRA, 2017).

### **4.7.3 DHCP e DNS**

O protocolo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), que significa Protocolo de Configuração Dinâmica de Host, facilita a configuração automática de endereços IP em redes, reduzindo a necessidade de configuração manual e simplificando a integração de novos dispositivos. Ele permite que um servidor atribua dinamicamente os parâmetros necessários, como endereço IP e informações de DNS (Domain Name System), ou Sistema de Nomes de Domínio, eliminando a necessidade de memorizar endereços IP específicos. No contexto dos sensores propostos, o DHCP automatiza a atribuição de endereços IP, enquanto a resolução de nomes de domínio simplifica a identificação e acesso aos serviços associados, contribuindo para a eficiência operacional e escalabilidade do sistema de rede (OLIVEIRA, 2017).

### **4.7.4 Network Address Translation (NAT)**

O protocolo NAT traduz endereços IP de uma rede para outra. Sendo útil quando dispositivos em nossa rede local precisam se comunicar com redes externas, como a Internet.

Quando os sensores de presença por infravermelho enviam dados para o servidor, eles usam endereços IP locais, esses que não são roteáveis pela internet pública. Assim usa-se o NAT para traduzir esses endereços para locais públicos, e esse público é o que o nosso servidor enxergará quando receber os dados dos sensores. Assim a comunicação é bidirecional, o que significa que a tradução ocorre nos dois sentidos, facilitando a interação entre os dispositivos conectados. Esse sistema de tradução traz consigo benefícios significativos em termos de segurança, uma vez que os nomes originais são ocultados da rede local.

## 4.8 Serviços

A IoT precisa de um servidor para fornecer serviços ou recursos para outros dispositivos na rede. No contexto do projeto o servidor será responsável por receber os dados, processar e disponibilizá-los para acesso remoto, por meio de uma página web. Para receber dados será feito pelo protocolo de comunicação HTTP.

### 4.8.1 HTTP em Aplicação

O protocolo de transferência de hipertexto (HTTP, do inglês Hypertext Transfer Protocol), como o próprio nome já diz, é um protocolo que efetua a transferência de hipertextos. Isso significa, que esse protocolo trabalha a partir do transporte de documentos em linguagem de marcação de hipertexto (HTML, do inglês HyperText Markup Language), que são a base para a construção de qualquer página web. “Dessa forma, a partir de requisições geradas no navegador, o HTTP faz com que esses comandos sejam traduzidos na forma de um novo documento HTML, composto de dados buscados no servidor web, formando os chamados sites” (NIELSEN, 1997).

O HTTP é um protocolo padrão da Internet para enviar e receber informações. Ele permitirá a comunicação do dispositivo IoT, servidor e a página por meio de requisições e respostas padronizadas. Para fazer essas solicitações será feita por uma API e assim que receber as respostas ele processa as requisições e manda as respostas de volta para o site. Essa resposta incluirá os cálculos para o consumo de energia:

$$\text{CONSUMO (kWh)} = \text{POTÊNCIA (W)} * \text{HORAS DE USO POR DIA (h)} * \text{DIAS DE USO NO MÊS} / 1000 \text{ (EMPRESA SANTA MARIA LUZ E FORÇA S/A, 2018).}$$

O servidor também terá armazenamento para manter dados em um banco de dados ou sistema de armazenamento para referência futura e análises históricas.

A linguagem para a construção do servidor foi definida por Python. Com ela é possível desenvolver algoritmos matemáticos de cunho simples a exemplo de equações, expressões numéricas, operações matemáticas básicas, até problemas

complexos, como derivadas, integral, números complexos, entre outros (MARCONDES, 2018, p.10). Conhecida por sua estrutura de fácil entendimento e uma ótima opção para futuras manutenções. Também possui uma ampla variedade de bibliotecas e frameworks facilitando a comunicação de dispositivos de Internet das Coisas. Tem também o maior suporte para banco de dados, permitindo o armazenamento na página web.

E por fim, o servidor deve disponibilizar os dados para o acesso remoto, que pode ser feito por meio de uma API, permitindo que outros sistemas ou interfaces web acessem e interajam com os dados.

#### 4.8.2 API

Uma API (Interface de Programação de Aplicações) é uma ponte de comunicação que define métodos, formatos de dados e endpoints (URLs) para interação entre uma página web, servidor e dispositivos, como sensores e medidores. Os endpoints representam operações e recursos disponíveis para acesso e interação. Por exemplo:

- /dados-sensores: Para receber dados dos sensores, como detecção de presença ou informações de corrente elétrica.
- /controle-lâmpadas: Para enviar comandos de controle para as luzes da sala, informando se estão ligadas ou desligadas.

Cada endpoint da API está associado a métodos HTTP padrão, que definem a operação no recurso correspondente:

- GET: Para obter informações de um recurso específico, como dados dos sensores.
- POST: Para enviar dados para processamento, como comandos de controle para as luzes.
- PUT: Para atualizar um recurso existente, como configurações dos sensores.
- DELETE: Para excluir um recurso específico, como dados antigos dos sensores.

Quando uma requisição é feita a um endpoint, a API processa a operação correspondente e retorna uma resposta ao cliente, incluindo os dados solicitados, confirmações de operações realizadas ou mensagens de erro em caso de falhas.

## **4.9 Semântica**

“Dispositivos eletrônicos como celulares, computadores e calculadoras precisam de armazenamento interno de dados, conhecido como memória. Da mesma forma, aplicações web como sites, Instagram e Facebook também precisam de armazenamento para guardar fotos, vídeos e outros conteúdos” (OLIVEIRA, 2017).

### **4.9.1 Estrutura da Página Web**

HTML (Hypertext Markup Language) será responsável pela estrutura do conteúdo da página, como a disposição dos elementos, formulários, textos e imagens. Já o CSS (Cascading Style Sheets) será utilizado para estilizar a página, definindo cores, fontes, layout e efeitos visuais.

### **4.9.2 Comunicação com a API e o Servidor**

A página web utilizará JavaScript para fazer requisições HTTP à API do servidor. Isso pode ser feito através de funções ou usando bibliotecas para facilitar o processo de comunicação.

### **4.9.3 Apresentação dos Dados**

Após receber os dados da API, a página web usará JavaScript para processar esses dados e apresentá-los de forma dinâmica na interface do usuário.

Para apresentar os dados serão utilizados gráficos e tabelas para visualizar os dados de consumo de energia ao longo do tempo, dados de presença nas salas, e outras informações relevantes.



## 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A ideia do estudo deste trabalho foi realizada na garagem da residência de uma das autoras, com o objetivo de avaliar a eficácia de sensores de presença por infravermelho na redução de custos de consumo energético elétrico e proposição de ideia para a IES. A análise baseia-se em medições realizadas antes e após a instalação do sensor, utilizando-se dados coletados por meio de imagens e cálculos detalhados.

### 5.1 Sensor utilizado na pesquisa

Na pesquisa conduzida, foi utilizado o Conjunto LIZ 4x2 com Detector de Presença Branco BIVOLT com Fococélula da marca Tramontina. Este sensor é conhecido por sua alta eficiência e confiabilidade no controle de iluminação e eletrodomésticos em ambientes residenciais. As Figuras 10 e 11 apresentam o sensor instalado no ambiente de estudo.

**Figura 10** - Sensor aplicado na pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2024).

**Figura 11** - Sensor aplicado na garagem para o estudo.



Fonte: Autoria própria (2024).

O Conjunto LIZ 4x2 é equipado com um detector de presença sensível, que aciona a iluminação automaticamente ao detectar movimento e desliga após um período de inatividade entre 10 segundos e 15 minutos, em nosso estudo o mesmo se desliga após 20 segundos. Além disso, a fotocélula integrada ajusta a operação do sensor conforme a luminosidade do ambiente, garantindo que as luzes só sejam acionadas quando necessário. A Figura 12 ilustra suas especificações.

O Modelo LIZ 4x2 com Detector de Presença tem uma área de detecção de até 9 metros, proporcionando um controle preciso sobre a ativação da iluminação, garantindo que a luz seja acionada apenas quando necessário. A instalação é simplificada, podendo ser facilmente realizada em uma caixa 4x2 padrão, sem a

necessidade de equipamentos ou conhecimentos técnicos especializados. “Este modelo é indicado para várias gamas de aplicações, incluindo residências, escritórios e áreas comuns” (SIMECOL, 2024).

**Figura 12** - Especificações do sensor de pesquisa prática.

Marca	Tramontina
Referência	57170081
Altura	42mm
Largura	83mm
Comprimento	120mm
Peso	0,08kg
Cor	Branco
Material	Termoplástico
Tensão	Bivolt

Fonte: Simecol (2024).

Atualmente, a partir de investigações conduzidas em sites de materiais elétricos e depósitos de materiais, o preço do Conjunto LIZ 4x2 com Detector de Presença Branco BIVOLT com Focélula Tramontina varia entre R\$104,00 e R\$250,00, dependendo do fornecedor e das condições de venda. Este valor foi rapidamente reavido, em um período de 3 meses, através da economia de energia proporcionada pela redução de consumo.

O sensor proporciona vantagens como economia de energia, desligando as luzes automaticamente na ausência de pessoas, o que, também, oferece conforto ao eliminar a necessidade de acionar interruptores manualmente. Além disso, aumenta a segurança ao iluminar áreas escuras quando necessário, prevenindo acidentes.

## 5.2 Comparação de Consumo

Inicialmente, foi realizada uma medição do consumo energético médio da residência sem a presença dos sensores. Durante o espaço de tempo de 3 meses (maio, junho e julho de 2023) monitoramos o uso de energia elétrica na área da garagem, acompanhando os resultados de consumo das contas. Observar Figuras 13, 14 e 15.

Figura 13 - Fatura elétrica do mês de maio.

Dados da Conta	
VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
12 JUN 2023	269,37
CONTA REFERENTE A MAI 2023	

Dados de Medição	
Nº do medidor	7239230
Leitura anterior	25 ABR 22.497
Leitura atual	24 MAI 22.799
Próxima leitura	23 JUN
Fator multiplicador	1,00000
Consumo do mês (kWh)	302,0
Número de dias	29

Histórico de Faturamento	
Mês/Ano	kWh Dias
mai/23	302 29
abr/23	311 32
mar/23	294 30
fev/23	275 29
jan/23	306 32
dez/22	285 29
nov/22	305 30
out/22	358 32
set/22	382 30
ago/22	317 29
jul/22	329 33
jun/22	277 30
mai/22	187 29

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 14 - Fatura elétrica do mês de junho.

ENTO						TRIBUTOS			CONSUMO / kWh				
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Alíquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)		BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
190,30	9,13	190,30	18%	34,25	0,39603	PIS/PASEP	258,68	1,05	2,70	JUN/23	371,000	30	LID
125,15	6,00	125,15	18%	22,52	0,26046	COFINS	258,68	4,81	12,43	MAI/23	302,000	29	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	315,45	18,00	56,77	ABR/23	311,000	32	LID
315,45	0,00	0,00		0,00						MAR/23	294,000	30	LID
12,09	0,00	0,00		0,00						FEV/23	275,000	29	LID
327,54	15,13	315,45		56,77						JAN/23	306,000	32	LID
										DEZ/22	285,000	29	LID
										NOV/22	305,000	30	LID
										OUT/22	358,000	32	LID
										SET/22	382,000	30	LID
										AGO/22	317,000	29	LID
										JUL/22	329,000	33	LID
										JUN/22	277,000	30	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 15 - Fatura elétrica do mês de julho.

ENTO						TRIBUTOS			CONSUMO / kWh				
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Alíquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)		BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
176,67	8,78	176,67	18%	31,80	0,37596	PIS/PASEP	251,00	1,08	2,70	JUL/23	362,000	32	LID
129,42	6,43	129,42	18%	23,29	0,27545	COFINS	251,00	4,99	12,51	JUN/23	371,000	30	LID
6,30	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	306,09	18,00	55,09	MAI/23	302,000	29	LID
0,85	0,00	0,00	0%	0,00						ABR/23	311,000	32	LID
0,02	0,00	0,00	0%	0,00						MAR/23	294,000	30	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00						FEV/23	275,000	29	LID
-8,82	0,00	0,00	0%	0,00						JAN/23	306,000	32	LID
306,09	0,00	0,00		0,00						DEZ/22	285,000	29	LID
10,44	0,00	0,00		0,00						NOV/22	305,000	30	LID
316,53	15,21	306,09		55,09						OUT/22	358,000	32	LID
										SET/22	382,000	30	LID
										AGO/22	317,000	29	LID
										JUL/22	329,000	33	LID

Fonte: Autoria própria (2024).



No mês de maio, o consumo totalizou 302,0 kWh, resultando em uma despesa de R\$269,37. Em junho, o consumo aumentou para 371,0 kWh, refletindo em um custo de R\$327,54. No mês subsequente, julho, o consumo permaneceu elevado, atingindo 362,0 kWh, com um valor total de R\$316,53. Esses dados evidenciam uma variação no consumo ao longo dos meses, destacando a importância de estratégias para otimização e controle eficaz do consumo energético.

Após a instalação dos sensores de presença, ocorrida no fim de julho de 2023, uma nova série de medições foi realizada ao longo dos meses de agosto, setembro, outubro e dezembro de 2023 e janeiro, fevereiro, março e abril de 2024, conforme ilustrado nas Figuras de número 16 até 23.

**Figura 16 - Fatura elétrica do mês de agosto.**

ENTO						TRIBUTOS			CONSUMO / kWh				
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)		BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
144,10	5,56	144,10	18%	25,93	0,36683	PIS/PASEP	209,09	0,84	1,75	AGO/23	307,000	30	LID
110,87	4,27	110,87	18%	19,95	0,28227	COFINS	209,09	3,87	8,08	JUL/23	362,000	32	LID
6,12	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	254,97	18,00	45,88	JUN/23	371,000	30	LID
1,00	0,00	0,00	0%	0,00						MAI/23	302,000	29	LID
0,37	0,00	0,00	0%	0,00						ABR/23	311,000	32	LID
0,20	0,00	0,00	0%	0,00						MAR/23	294,000	30	LID
0,03	0,00	0,00	0%	0,00						FEV/23	275,000	29	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00						JAN/23	306,000	32	LID
254,97	0,00	0,00		0,00						DEZ/22	285,000	29	LID
19,81	0,00	0,00		0,00						NOV/22	305,000	30	LID
274,78	9,83	254,97		45,88						OUT/22	358,000	32	LID
										SET/22	382,000	30	LID
										AGO/22	317,000	29	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

**Figura 17 - Fatura elétrica do mês de setembro.**

ENTO						TRIBUTOS			CONSUMO / kWh				
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)		BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
147,82	7,14	147,82	18%	26,60	0,36683	PIS/PASEP	214,49	1,05	2,24	SET/23	311,000	32	LID
113,74	5,49	113,74	18%	20,47	0,28227	COFINS	214,49	4,85	10,39	AGO/23	307,000	30	LID
5,09	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	261,56	18,00	47,07	JUL/23	362,000	32	LID
0,07	0,00	0,00	0%	0,00						JUN/23	371,000	30	LID
0,59	0,00	0,00	0%	0,00						MAI/23	302,000	29	LID
0,24	0,00	0,00	0%	0,00						ABR/23	311,000	32	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00						MAR/23	294,000	30	LID
261,56	0,00	0,00		0,00						FEV/23	275,000	29	LID
18,08	0,00	0,00		0,00						JAN/23	306,000	32	LID
279,64	12,63	261,56		47,07						DEZ/22	285,000	29	LID
										NOV/22	305,000	30	LID
										OUT/22	358,000	32	LID
										SET/22	382,000	30	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 18 - Fatura elétrica do mês de outubro.

DETALHAMENTO						TRIBUTOS				CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
137,71	3,99	137,71	18%	24,78	0,36683	PIS/PASEP	199,82	0,63	1,25	OUT/23	297.000	29	LID
105,96	3,06	105,96	18%	19,07	0,28227	COFINS	199,82	2,91	5,80	SET/23	311.000	32	LID
5,23	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	243,67	18,00	43,85	AGO/23	307.000	30	LID
0,51	0,00	0,00	0%	0,00						JUL/23	362.000	32	LID
0,68	0,00	0,00	0%	0,00						JUN/23	371.000	30	LID
0,24	0,00	0,00	0%	0,00						MAI/23	302.000	29	LID
0,02	0,00	0,00	0%	0,00						ABR/23	311.000	32	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00						MAR/23	294.000	30	LID
243,67	0,00	0,00		0,00						FEV/23	275.000	29	LID
18,77	0,00	0,00		0,00						JAN/23	306.000	32	LID
262,44	7,05	243,67		43,85						DEZ/22	285.000	29	LID
										NOV/22	305.000	30	LID
										OUT/22	358.000	32	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 19 - Fatura elétrica do mês de novembro.

DETALHAMENTO						TRIBUTOS				CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
134,19	6,23	134,19	18%	24,15	0,36683	PIS/PASEP	194,71	1,01	1,96	NOV/23	283.000	31	LID
103,25	4,79	103,25	18%	18,58	0,28227	COFINS	194,71	4,66	9,06	OUT/23	297.000	29	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	237,44	18,00	42,73	SET/23	311.000	32	LID
237,44	0,00	0,00		0,00						AGO/23	307.000	30	LID
12,09	0,00	0,00		0,00						JUL/23	362.000	32	LID
249,53	11,02	237,44		42,73						JUN/23	371.000	30	LID
										MAI/23	302.000	29	LID
										ABR/23	311.000	32	LID
										MAR/23	294.000	30	LID
										FEV/23	275.000	29	LID
										JAN/23	306.000	32	LID
										DEZ/22	285.000	29	LID
										NOV/22	305.000	30	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 20 - Fatura elétrica do mês de dezembro.

DETALHAMENTO						TRIBUTOS				CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
109,35	5,30	109,35	18%	19,68	0,36683	PIS/PASEP	158,67	1,06	1,68	DEZ/23	230.000	28	LID
84,14	4,08	84,14	18%	15,14	0,28227	COFINS	158,67	4,86	7,70	NOV/23	283.000	31	LID
12,09	0,00	0,00	0%	0,00		ICMS	193,49	18,00	34,82	OUT/23	297.000	29	LID
193,49	0,00	0,00		0,00						SET/23	311.000	32	LID
12,09	0,00	0,00		0,00						AGO/23	307.000	30	LID
205,58	9,38	193,49		34,82						JUL/23	362.000	32	LID
										JUN/23	371.000	30	LID
										MAI/23	302.000	29	LID
										ABR/23	311.000	32	LID
										MAR/23	294.000	30	LID
										FEV/23	275.000	29	LID
										JAN/23	306.000	32	LID
										DEZ/22	285.000	29	LID

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 21 - Fatura elétrica do mês de janeiro.

ENTO						TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	PIS/PASEP				MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
132,76	6,53	132,76	18%	23,89	0,36683	192,64	1,07	2,05	JAN/24	279,000	32	LID	
102,15	5,02	102,15	18%	18,38	0,28227	192,64	4,94	9,50	DEZ/23	230,000	28	LID	
4,74	0,00	0,00	0%	0,00		234,91	18,00	42,27	NOV/23	283,000	31	LID	
2,18	0,00	0,00	0%	0,00					OUT/23	297,000	29	LID	
0,66	0,00	0,00	0%	0,00					SET/23	311,000	32	LID	
0,24	0,00	0,00	0%	0,00					AGO/23	307,000	30	LID	
0,11	0,00	0,00	0%	0,00					JUL/23	362,000	32	LID	
13,40	0,00	0,00	0%	0,00					JUN/23	371,000	30	LID	
234,91	0,00	0,00		0,00					MAI/23	302,000	29	LID	
21,33	0,00	0,00		0,00					ABR/23	311,000	32	LID	
256,24	11,55	234,91		42,27					MAR/23	294,000	30	LID	
									FEV/23	275,000	29	LID	
									JAN/23	306,000	32	LID	

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 22 - Fatura elétrica do mês de fevereiro.

ENTO						TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	PIS/PASEP				MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
58,13	2,74	58,13	12%	6,97	0,36683	90,51	0,96	0,86	FEV/24	132,000	31	LID	
44,71	2,10	44,71	12%	5,36	0,28227	90,51	4,41	3,98	JAN/24	279,000	32	LID	
3,86	0,00	0,00	0%	0,00		102,84	12,00	12,33	DEZ/23	230,000	28	LID	
1,58	0,00	0,00	0%	0,00					NOV/23	283,000	31	LID	
1,08	0,00	0,00	0%	0,00					OUT/23	297,000	29	LID	
0,24	0,00	0,00	0%	0,00					SET/23	311,000	32	LID	
0,09	0,00	0,00	0%	0,00					AGO/23	307,000	30	LID	
13,40	0,00	0,00	0%	0,00					JUL/23	362,000	32	LID	
102,84	0,00	0,00		0,00					JUN/23	371,000	30	LID	
20,25	0,00	0,00		0,00					MAI/23	302,000	29	LID	
123,09	4,84	102,84		12,33					ABR/23	311,000	32	LID	
									MAR/23	294,000	30	LID	
									FEV/23	275,000	29	LID	

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 23 - Fatura elétrica do mês de março.

ENTO						TRIBUTOS	BASE CALC (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)	CONSUMO / kWh			
Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)	PIS/PASEP				MÊS/ANO	CONSUMO FATURADO (kWh)	DIAS	TIPO DE FATURAMENTO
63,75	2,91	63,75	12%	7,65	0,36683	99,26	0,93	0,92	MAR/24	145,000	31	LID	
49,04	2,24	49,04	12%	5,88	0,28227	99,26	4,27	4,23	FEV/24	132,000	31	LID	
4,69	0,00	0,00	0%	0,00		112,79	12,00	13,53	JAN/24	279,000	32	LID	
2,00	0,00	0,00	0%	0,00					DEZ/23	230,000	28	LID	
1,95	0,00	0,00	0%	0,00					NOV/23	283,000	31	LID	
0,26	0,00	0,00	0%	0,00					OUT/23	297,000	29	LID	
0,11	0,00	0,00	0%	0,00					SET/23	311,000	32	LID	
13,40	0,00	0,00	0%	0,00					AGO/23	307,000	30	LID	
112,79	0,00	0,00		0,00					JUL/23	362,000	32	LID	
22,41	0,00	0,00		0,00					JUN/23	371,000	30	LID	
135,20	5,15	112,79		13,53					MAI/23	302,000	29	LID	
									ABR/23	311,000	32	LID	
									MAR/23	294,000	30	LID	

Fonte: Autoria própria (2024).

Essas medições revelaram os seguintes dados de consumo de energia elétrica: Em agosto de 2023, o consumo foi de 307,0 kWh, resultando em um valor de R\$274,78. Em setembro, o consumo foi de 311,0 kWh, com um valor de R\$279,64. Outubro registrou um consumo de 297,0 kWh, com um valor de R\$262,44. Em novembro, houve um consumo de 283,0 kWh, gerando um custo de R\$249,53. Em dezembro, observou-se uma queda significativa no consumo, totalizando 230,0 kWh e um valor de R\$205,58. Janeiro de 2024 apresentou um consumo de 279,0 kWh, com um custo de R\$256,24. Fevereiro registrou um consumo ainda menor, de 132,0 kWh, resultando em um valor de R\$123,09. Por fim, março registrou um consumo de 145,0 kWh, com um valor de R\$135,20. Esses dados demonstram uma variação no consumo ao longo do tempo, evidenciando o potencial de economia de energia obtido com a simples visualização dos padrões de consumo.

Para este estudo calculamos a média mensal dos valores de consumo de energia, assim fornecendo uma visão geral do padrão de consumo do período analisado. Esse valor permite identificar tendências, o que facilita a comparação dos diferentes meses.

Foi determinada a média mensal do consumo de energia, somando os valores de consumo de cada mês e dividindo o total pelo número de meses analisados. A Figura 24 demonstra a fórmula utilizada.

**Figura 24** - Fórmula da média aritmética simples.

$$\text{Média aritmética simples} = \bar{X}$$
$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Fonte: Estratégia Vestibulares (2024).

A média aritmética simples é uma medida estatística fundamental que representa o valor médio de um conjunto de dados. Ela é calculada somando todos os valores do conjunto e dividindo o resultado pelo número total de elementos. No



contexto das contas de energia elétrica, a média aritmética simples é frequentemente utilizada para calcular a média de consumo ao longo de um determinado período de tempo, como um mês ou um ano. Isso ocorre devido à sua simplicidade e facilidade de compreensão, tornando-a uma opção acessível e prática para a verificação das médias de consumo. Além disso, a média aritmética simples é apropriada para esse fim porque trata cada valor de consumo de forma igual, sem considerar a ordem ou a distribuição dos dados. Isso é adequado para contas de energia elétrica, onde cada unidade de consumo é valorizada da mesma maneira, independentemente de quando ocorreu durante o período de medição. Portanto, a média aritmética simples é considerada a melhor opção para verificar as médias das contas de energia elétrica devido à sua simplicidade, facilidade de cálculo e adequação para tratar todos os valores de consumo.

O quadro 5 apresenta os valores obtidos das médias e os resultados em porcentagem desse estudo.

**Quadro 5 – Resultados das médias de consumo elétrico.**

	<b>Fórmula</b>	<b>Resultado</b>
<b>Média pré-instalação</b>	$302,0 + 371,0 + 362,0 / 3$	345,0 kWh/ mês
<b>Média pós-instalação</b>	$307 + 311 + 297 + 283 + 230 + 279 + 132 + 145 / 8$	248,0 kWh/mês
<b>Redução absoluta</b>	$345,0 - 248,0$	97,0 kWh/mês
<b>Redução percentual</b>	$97 / 345 = 0,2811 * 100$	28,11%

Fonte: Autoria Própria (2024).

Os dados coletados mostraram uma significativa redução no consumo de energia elétrica. Antes da instalação dos sensores, a média mensal de consumo era de 345,0 kWh. Com a instalação dos sensores, a média caiu para 248,0 kWh, representando uma redução de 97,0 kWh/mês, apontando 28,11% de redução no consumo de energia. A Figura 25 ilustra graficamente as tendências de consumo ao

longo do tempo, apresentando um gráfico de linhas que permite uma análise visual da evolução dos valores ao longo do período determinado. A visualização clara e detalhada dos dados revela uma tendência de queda nos níveis de consumo, evidenciando padrões e variações significativas ao longo do tempo.

**Figura 25** – Representação em gráfico do consumo de energia, a linha vermelha indica o período de instalação do sensor (fim do mês de julho - 2023).



Fonte: Autoria Própria (2024).

### 5.3 Análises e discussões dos resultados

Com base em nossos dados, a redução observada pode ser atribuída diretamente ao uso dos sensores de presença, que eliminam o desperdício de energia em áreas não ocupadas. Este resultado demonstra a eficácia dos sensores como uma medida simples e eficiente para economizar energia.

Conforme relatado no site público da Futurecom Digital, em parceria com a Tecsys do Brasil, a implantação de sensores inteligentes no setor elétrico tem

revelado uma eficácia notável na gestão de perdas e na diminuição de custos. Um exemplo emblemático é o caso do Grupo Neoenergia, que engloba as distribuidoras Coelba (BA), Celpe (PE), Cosern (RN) e Elektro (SP), o qual investiu em sensores inteligentes com interface em Analytics, concretizando um projeto que se transformou em referência na identificação de perdas, não tecnicamente apontadas. A incorporação desses sensores revelou-se crucial para antecipar interrupções antes mesmo que os clientes fossem afetados, proporcionando uma contagem precisa dos afetados e oferecendo dados cruciais para a redução de perdas. Além disso, essa tecnologia contribuiu para aprimorar a qualidade do serviço, aumentar a energia faturada e expandir a base de clientes. Essa experiência ilustra de que maneira a Internet das Coisas (IoT) desempenhou um papel fundamental nesse processo, ao capacitar os sensores para monitorar, analisar e otimizar o consumo de energia, resultando em uma gestão mais eficiente e sustentável no setor elétrico (FUTURECOM DIGITAL, 2020).

A análise da viabilidade econômica do uso de sensores para iluminação nos corredores e salas de acesso do bloco de engenharia II da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA – Mossoró, RN), aliada ao estudo comparativo entre acionamento manual e automático de interruptores, representa uma contribuição relevante para a otimização dos recursos energéticos e a eficiência energética da universidade. Essa pesquisa oferece *insights* valiosos sobre como a implementação de tecnologias de automação pode não apenas reduzir os custos operacionais, mas também promover práticas mais sustentáveis e responsáveis. Além disso, os resultados obtidos demonstram a viabilidade financeira de investimentos em sistemas automáticos de iluminação, indicando que tais iniciativas não apenas pagariam por si mesmas em um curto período de tempo, mas, também, gerariam economia contínua ao longo do tempo. Portanto, este estudo destaca a importância da inovação tecnológica e da aplicação de conceitos de automação para enfrentar os desafios energéticos e ambientais do século XXI (CUNHA, 2018).

A compilação dos resultados da pesquisa realizada em residências, em conjunto com os estudos encontrados sobre o uso de sensores inteligentes no setor elétrico industrial e na iluminação universitária, revela uma consistência notável nos benefícios dessa tecnologia. A economia de energia observada em diferentes contextos ressalta sua viabilidade econômica e seu potencial para promover eficiência energética. Além disso, esses achados apontam para um impacto

ambiental positivo, destacando o papel dos sensores inteligentes na sustentabilidade e na mitigação das mudanças climáticas. Essa comparação reforça a importância de futuras pesquisas e implementações nessa área, explorando novas aplicações e avanços tecnológicos para maximizar os benefícios dessa inovação. Dado este cenário, ao assumirem tal empreitada, a Fatec Mauá se destacará como unidade energeticamente sustentável, diminuindo seus custos.

## 6. CONCLUSÃO

O estudo investigou a aplicação de sensores de presença através de infravermelho por meio da Internet das Coisas (IoT) com vistas a implantação em salas universitárias, destacando os benefícios em termos de redução de despesas, otimização de recursos elétricos e visando promover a sustentabilidade. Os resultados revelaram que o uso de tecnologias simples, como sensores de presença, pode levar a economias significativas no consumo de energia elétrica, com uma redução de 28,11% no consumo médio mensal após a implementação.

Esses achados indicam que os sensores de presença são eficazes na eliminação de desperdícios de energia, tornando-se uma solução prática e eficiente para salas universitárias, dentre as quais as da Fatec Mauá. A análise sugere que essa tecnologia pode ser amplamente satisfatória, se adotada, proporcionando benefícios financeiros e ambientais significativos para a Fatec Mauá.

Portanto, o estudo confirma a importância da IoT na comunicação de dados, na promoção da sustentabilidade e na gestão eficiente dos recursos, destacando a necessidade de investimentos contínuos em tecnologias emergentes e sustentáveis. A utilização de sensores de presença é apenas um exemplo de como inovações aparentemente pequenas podem gerar um impacto substancial na conservação de energia e na otimização de recursos ambientais.

Espera-se que esse trabalho inspire novas iniciativas e pesquisas na área, incentivando a adoção de sensores em ambientes universitários para promover uma série de benefícios, que incluem desde a economia financeira e a sustentabilidade ambiental até a melhoria da qualidade do ambiente educacional e a promoção de práticas inovadoras e sustentáveis. Diante desses resultados, podemos antever um futuro promissor para a pesquisa e implementação de sensores inteligentes em Instituições Universitárias, com novas aplicações em diversos setores e avanços tecnológicos contínuos.

## REFERÊNCIAS

BEDI, Guneet. *et al.* **Review of Internet of Things (IoT) in electric power and energy systems.** *IEEE Internet of Things Journal*, v. 5, n. 2, p. 847-870, 2018.

BRASIL. **Plano Nacional de Energia 2030.** Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF. MME/EPE, 2007. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

BRASIL. **Série: Plano Nacional de Energia:** Nota técnica DEA 05/13. Termo de Referência (TDR) para elaboração do PNE 2050. Rio de Janeiro. MME/EPE, 2013. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-200/PNE%202050%20-%20Termo%20de%20Refer%C3%Aancia%20\(TDR\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-200/PNE%202050%20-%20Termo%20de%20Refer%C3%Aancia%20(TDR).pdf)>. Acesso em: 21 Abr. 2024.

CAMPOS, Augusto. **ESP8266: Instalando o firmware NodeMCU e a linguagem Lua.** *BR-Arduino.org*, 2015. Disponível em: <<https://br-arduino.org/2015/08/nodemcu-esp8266.html>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial:** Controle do movimento e processos contínuos. Editora Érica. São Paulo: 2ª edição, 2012.

CASTAÑEDA Ángela M. P.; QUINTERO, Hernán F. T. **Universidad y sostenibilidad:** una aproximación teórica para su implementación. *AD-minister*, n.26, 2015.

CHEN, Shanzhi. *et al.* **A vision of IoT:** Applications, challenges, and opportunities with china perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 1, n. 4, p. 349-359, 2014.

COSTA, João E. **Desenvolvimento de um módulo WiFi microcontrolado para aplicações em projetos de internet das coisas.** Universidade Tecnológica Federal

do Paraná (UTFPR): p.10-54, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30494/1/modulowifimicrocontrolado.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

CUNHA, Sionara. **Análise econômica de um circuito automático com sensor de presença para a iluminação do bloco de engenharia II UFERSA campus Mossoró-RN em uma perspectiva sustentável.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Setembro, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0cfece41-055d-4526-ad07-3582da01aa9e/content>>. Acesso em: 26 mai. 2024.

CURTO CIRCUITO. **Sensor de corrente não invasivo 100A AC - SCT 013-000,** 2024. Disponível em:< <https://curtocircuito.com.br/sensor-corrente-nao-invasivo-100a-ac-sct-013-000.html>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

DISTERHEFT, Antje. *et al.* **Environmental Management Systems (EMS) implementation processes and practices in European higher education institutions - Top-down versus participatory approaches.** *Journal of Cleaner Production*, v.31, p.80-90, 2012.

DOVÌ, Giorgio V. *et al.* **Cleaner energy for sustainable future.** *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 10, p. 889-895, 2009.

EPE. **Balço Energético Nacional Brazilian Energy Balance.** Relatório Final. [s.l: s.n.]. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-128/topico-99/Relat%C3%B3rio%20Final%202014.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2024.

EPE. **Eficiência energética na indústria e nas residências.** Nota técnica DEA 14/10. [s.l: s.n.]. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em:<[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809\\_4\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809_4[1].pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2024.

ESTRATÉGIA VESTIBULARES. **Médias**: Definição e tipos, simples, ponderada, geométricas e harmônicas. 2024. Disponível em <<https://vestibulares.estrategia.com/portal/materias/matematica/medias/>>. Acesso em: 26 mai. 2024.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas**: como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. Cisco, p. 2-10, abril de 2011. Disponível em: <[https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/executives/pdf/internet\\_of\\_things\\_iot\\_ibsg\\_0411final.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2024.

FUTURECOM DIGITAL. **Sensor Inteligente controla perdas e reduz custos no setor elétrico**. Janeiro 2020. Disponível em: <<https://digital.futurecom.com.br/transformacao-digital/sensor-inteligente-controla-perdas-e-reduz-custos-no-setor-eletrico-0>>. Acesso em: 26 mai. 2024

FLORES, S. S.; Medeiros, R. M. V. **A dimensão territorial da sustentabilidade**. Saquet, M. A. (org). "Estudos territoriais na ciência geográfica", 1 ed. São Paulo: Ed. Outras Expressões, 2013.

GARDNER, Gary.; PRUGH, Tom.; RENNER, Michael. **Estado do Mundo 2015: Ameaças Veladas à Sustentabilidade: Como Enfrentar**. 1a Edição, Brasil, Worldwatch Institute, 2015.

GODOI, Maiko G.; ARAÚJO, Liriane. S. **A internet das coisas**: evolução, impactos e benefícios. Revista Interface Tecnológica, [s.l.], v.16, n.1, p.19–30, 2019. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/538>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GODOI, Maiko G.; ARAÚJO, Liriane. S. *Apud* Canalcomstor (2016). **A internet das coisas**: evolução, impactos e benefícios. Revista Interface Tecnológica, [s. l.], v.16, n.1, p.24–25, 2019. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/538>>. Acesso em: 16 abr. 2024.



GUTH, Jasmin. *et al.* **Comparison of IoT platform architectures**: A field study based on a reference architecture. In: 2016 Cloudification of the Internet of Things (CIoT). IEEE, p.1-6, 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 de mai. 2024.

IBM. **O que é internet das coisas (IoT)?** Atualizado em 2024. Disponível em: <[https://www.ibm.com/br-pt/topics/internet-of-things?mhsrc=ibmsearch\\_a&mhq=IoT](https://www.ibm.com/br-pt/topics/internet-of-things?mhsrc=ibmsearch_a&mhq=IoT)>. Acesso em: 30 abr. 2024.

INTELBRAS. **Interruptor Sensor de Presença para iluminação Intelbras ESP 360+** - intelbras. Disponível em: <<https://loja.intelbras.com.br/interruptor%20sensor%20de%20presenca%20esp%20360>>. Acesso em: 9 maio. 2024.

INTELBRAS. **Manual do Usuário ESP 360+**: Sensor de presença Intelbras. [s.l: s.n.]. 2024. Disponível em: <<https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2020-06/Manual-do-usu%C3%A1rio-ESPi-360%2B-01.20.pdf>>. Acesso em: 9 maio. 2024.

JÚNIOR, José G. D.; ROSA, Ivana. M.; SAMPAIO, Cláudio P. **Diretrizes ambientais para um campus sustentável avaliadas pela ótica do design**. *Projetica*, v.1. n.1. p.146-161, 2010.

KIPERSTOK, Asher.; KIPERSTOK, Alice. C. **Technology Improvements or Influencing User Behaviour for Water Savings in Administrative and University Buildings**: Which One Should Come First?. *Frontiers in Civil Engineering*, v. 2, pp. 153-201, 2017.

**Kit 2 Sensor De Presença Para Iluminação Espi 360a Intelbras**. Mercado livre. 2024. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2761326391-kit-2-sensor-de-presenca-para-iluminaco-espi-360a-intelbras-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2761326391-kit-2-sensor-de-presenca-para-iluminaco-espi-360a-intelbras-_JM)>. Acesso em: 02 jun. 2024.

KLEIN, Amarolinda.; PACHECO, Fabiana B.; RIGHI, Rodrigo R. **Internet of things-based products/services**: process and challenges on developing the business models. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 14, p. 439-461, 2017.

KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP8266**. Texas, USA: Leanpub, 2016. E-book. Disponível em:<[https://leanpub.com/ESP8266\\_ESP32](https://leanpub.com/ESP8266_ESP32)>. Acesso em: 8 mai. 2024.

KÖNIG, Ariane. **What might a sustainable university look like? Challenges and opportunities in the development of the University of Luxembourg and its new campus**. *Regenerative Sustainable Development of Universities and Cities: role of living laboratories*. Ed. Ariane König. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, p.143-172, 2013.

KRAEMER, Maria E. P. **A universidade do século XXI rumo ao desenvolvimento sustentável**. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa - RECADM*, v.3, n.2, p.1-21, 2004. Disponível em: <<https://www.periodicosibepes.org.br/index.php/recadm/article/view/408/306>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

LAMBERTS, Roberto.; Dutra, L.; Pereira, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro: [s.l.]. 2014.

LOZANO, Rodrigo. *et al.* **Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system**. *Journal of Cleaner Production*, v. 48, p. 10-19, 2013.

MANCINI, Mônica. **A história da Internet das Coisas ou Internet of Things (IoT)**. 2018. Disponível em:< <https://pt.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-da-internet-das-coisas-ou-things-iot-m%C3%B4nica-mancini>>. Acesso em: 08 abr. 2024.

MARCONDES, Guilherme. A. B. **Matemática com Python: Um guia prático**. 1 ed. P.10. São Paulo: ed. Novatec, 2018.

MOTLAGH, Naser H. *et al.* **Internet of Things (IoT) and the energy sector**. Mdpi. Energies, v.13, n.2, p.494, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en13020494>>. Acesso em: 30 abr. 2024.

NIELSEN, Henrik F. *et al.* **Network performance effects of HTTP/I. 1, CSS 1, and PNG**. [S.I.]. Digital Equipment Corporation, 1997. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/263105.263157>>. Acesso em: 18 mai. 2024.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas: com ESP8266, ARDUINO e RASPBERRY PI**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2017.

Organisation des Nations Unies Pour L'Education, La Science et la Culture, Commission Oceanographique Intergouvernementale. **Rapport de la Conference des Nations Unies Sur L'Environnement**. Sétima Sessão, Julho de 1973. Disponível em:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000044/004454fb.pdf>>. Acesso em: 8 mai. 2024.

PANESI, André R. Q. **Fundamentos de Eficiência Energética: Industrial, Comercial e Residencial**. Editora Ensino Profissional. São Paulo: 1. ed, 2006.

SANTOS, Bruno. *et al.* **Internet das Coisas: da teoria à prática**. DCC/UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, p.1-50, 2016. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em 10 mai.2024.

SCHROEDER, Jocimari T.; SCHROEDER, I.; COSTA R.; SHINODA, C. **O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento**. Revista Gestão Industrial, v. 1, n. 2, p. 036-045, 2005.

SELEME, Robson.; SELEME, Roberto B. **Automação da produção: abordagem gerencial**. Editora IBPEX. Curitiba/PR: 1. ed, 2008.

SHRIBERG, Michael P. **Sustainability in U.S. Higher Education**: Organizational factors influencing campus environmental performance and leadership. Tese de Mestrado, Universidade de Michigan, 2002.

SIMECOL. **Conjunto 4x2 detector de presença bivolt Liz com fotocélula branco 57170081 Tramontina**, 2024. Disponível em: <<https://www.simecol.com.br/conjunto-4x2-detector-de-presenca-bivolt-liz-com-fotocelula-branco-57170081-tramontina/p/19700>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

STREIF, Rudolf. **Microcontroller versus System-on-Chip in embedded system designs**. [S.l.]: Ibeeto, 2019. *Apud* COSTA, João Emanuel. **Desenvolvimento de um módulo WiFi microcontrolado para aplicações em projetos de internet das coisas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). p.14. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30494/1/modulowifimicrocontrolado.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2024.

TAUCHEN, Joel.; BRANDLI, Luciana L. **A gestão ambiental em instituições de ensino superior**: modelo para implantação em campus universitário. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 503-515, 2006.

TAVARES, Belarmino G. **O Efeito Hall Quântico**. USP, 2018. Disponível em: <<https://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2018-1%20SFI5708%20Eletromagnetismo/Monografia%20-%20Belarmino%20-%20Hall%20quantico.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2024.

TECNOLOGIA, **Sensor de Presença Parede e Teto Iluminação ESPI 360 A Intelbras**. Olímpico. 2024. Disponível em: <<https://www.olimpico.com.br/seguranca-e-comunicacao/alarme-e-sensores/sensor-de-presenca-parede-e-teto-iluminacao-espi-360-a-intelbras>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

THOMASHOW, Mitchell. **The nine elements of a sustainable campus**. Cambridge, USA: MIT Press, 2014.

VELAZQUEZ, Luís. *et al.* **Sustainable university: what can be the matter?**. Journal of Cleaner Production, v.14, p.810-819, 2006.

VIDO, Náyra.; DEGASPERI, Thais.; NARDY, Mariana. **Energia que gera ou destrói a vida?** In: BONOTTO, Dalva.; CARVALHO, Maria (orgs.). Educação ambiental e valores na escola: buscando espaços, investindo em novos tempos. São Paulo: ed. Cultura Acadêmica. p. 45-68, 2016.

WURM, Jacob. *et al.* **Security analysis on consumer and industrial IoT devices.** In: 2016 21st Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC). IEEE, p. 519-524, 2016.

YHDC1992. **Split Core Current Transformers.** 2024. Disponível em: <[https://www.poweruc.pl/collections/split-core-current-transformers2?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwpZWzBhC0ARIsACvjWRNzQk9AqGs tFrCyoe1v8oMERU4JvtTiLysmwpcwtdSbYdW-L5Y-9F0aAj1YEALw\\_wcB](https://www.poweruc.pl/collections/split-core-current-transformers2?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpZWzBhC0ARIsACvjWRNzQk9AqGs tFrCyoe1v8oMERU4JvtTiLysmwpcwtdSbYdW-L5Y-9F0aAj1YEALw_wcB)>. Acesso em: 15 de março 2024.