

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE  
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL



FERNANDA FERNANDES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA REMOTO DE AQUISIÇÃO DE DADOS  
DE TENSÃO E CORRENTE UTILIZANDO SOCKETS**

Cajazeiras  
2022

IFPB / Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Suellen Conceição Ribeiro CRB-2218

O48d

Oliveira, Fernanda Fernandes de

Desenvolvimento de um sistema remoto de aquisição de dados de tensão e corrente utilizando *sockets*/ Fernanda Fernandes de Oliveira. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

57f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof. Raphael Maciel de Sousa.

1. Desenvolvimento de sistemas. 2. Dados. 3. *Internet Of Things*. 4. Monitoramento.

I. Oliveira, Fernanda Fernandes de. II. Título.

CDU: 004.4'2 O48d

FERNANDA FERNANDES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE COLETA DE DADOS DE TENSÃO  
E CORRENTE UTILIZANDO SOCKETS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
à Coordenação do Curso de Tecnologia em  
Automação Industrial do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
grau de Tecnólogo em Automação Industrial

Orientador: Raphaell Maciel de Sousa

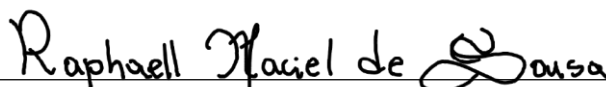
Cajazeiras  
2022

FERNANDA FERNANDES DE OLIVEIRA

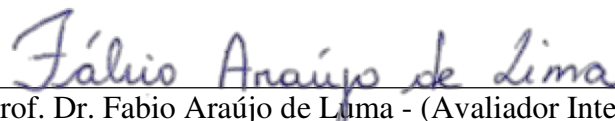
**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE COLETA DE DADOS DE TENSÃO  
E CORRENTE UTILIZANDO SOCKETS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Tecnologia em  
Automação Industrial do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
grau de Tecnólogo em Automação Industrial

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Raphael Maciel de Sousa - (Orientador)  
Unidade Acadêmica de Indústria do IFPB



Prof. Dr. Fábio Araújo de Lima - (Avaliador Interno)  
Unidade Acadêmica de Indústria do IFPB.



Prof. Esp. Marco Damasceno de Sousa - (Avaliador Interno)  
Unidade Acadêmica de Indústria do IFPB.

**Ao meu avô, José Ricardo de Oliveira (in memoriam)**  
**responsável por moldar o meu caráter, e quem eu sou, por me**  
**acolher desde antes do meu nascimento, por ter me criado como filha**  
**e ter sempre me protegido do mundo. E que agora olha por mim lá**  
**do céu.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Damiana Fernandes de Oliveira que enfrentou o desafio de ser mãe solo e nunca cogitou me deixar de lado, sempre me guiando pelos caminhos da educação, e sempre me fazendo lembrar que eu nunca estive sozinha, essa vitória é por você e para você, mãe.

Às minhas outras duas mães, minha avó, Francisca Maria e a minha madrinha Maria da Penha, por terem me dado tanto amor. Agradeço também à minha tia Maria do Socorro, que sempre me ajudou em todo esse tempo que estive nessa instituição. Aos meus tão queridos tios-avôs José Alves (in memoriam) por desde sempre me incentivar a seguir o caminho da educação e acreditar em meu potencial, muito antes que eu pudesse concluir até mesmo o ensino fundamental, e João Vilante, que tem por mim um carinho gigante e por vezes me ajudou nessa dura caminhada.

Aos meus tios, que foram um pouco irmãos e pais também e fizeram a minha infância um pouco mais feliz: Francisco, Expedito, Antônio Ivan e Cícero. E também ao meu Tio de coração (in memoriam) Paulo Ferreira, que sempre me incentivou a estudar desde as minhas primeiras palavras.

À minha família como um todo, por terem compartilhado momentos preciosos comigo e terem diminuído o peso da caminhada, e aos amigos que fiz ao longo dessa trajetória, por terem dividido comigo alguns pesos do curso e da vida também. Agradeço imensamente à minha amiga de Ensino Médio, Ana Paula, que esteve do meu lado nas mais diversas situações dessa vida, sendo exemplo de amizade, lealdade e honestidade.

Agradeço especialmente ao meu companheiro de curso e de vida Emanuel Luciano por sempre me acalmar, me entender e me amparar em todos os momentos difíceis que surgiram ao longo do caminho, sem me deixar fraquejar, apesar de todas as adversidades e, bem como me dar a chance de dividir com ele todas as belezas dessa vida.

Não esquecendo de agradecer ao IFPB – Campus Cajazeiras por proporcionar várias experiências extraordinárias.

Por fim, agradeço ao meu orientador Professor Raphael Maciel que me deu todo o suporte necessário e se doou por inteiro para a conclusão desse projeto e é uma fonte de inspiração para mim.

“Sucesso não é o quão alto você subiu, mas como  
você faz uma diferença positiva para o mundo.”

— **Roy T. Bennett**, *The Light in the  
Heart*



## RESUMO

O presente trabalho expõe a criação de um sistema de coleta de dados de tensão e corrente, considerando a implementação de dispositivos que funcionam por meio da *Internet Of Things* (IoT), esse estudo propõe um sistema de monitoramento remoto do consumo de energia, utilizando uma plataforma microcontrolada juntamente com sensores de medição de grandezas elétricas, utilizando *Internet Of Things* e outros protocolos de comunicação para a integração dos dispositivos.

Os componentes foram devidamente conectados, através de uma *protoboard*, sendo eles: o microcontrolador ESP32, e os sensores SCT-013 para a medição dos sinais de corrente, e ZMPT101B para a medição dos sinais de tensão. O software foi desenvolvido utilizando a IDE Arduino e também o ambiente de programação PyCharm para o *streaming* de dados e plotagem dos gráficos. O trabalho teve por objetivo a coleta dos dados de tensão, corrente e potência em tempo real, a realização do *streaming* de dados em rede local e a comparação dos valores medidos pelo protótipo com instrumentos de medição.

**Palavras-Chave:** Monitoramento. ESP32. Sensores. IoT.

## ABSTRACT

The present work exposes the creation of a voltage and current data collection system, considering the implementation of devices that work through the Internet Of Things (IoT), this study proposes a remote monitoring system of energy consumption, using a microcontrolled platform together with sensors for measuring electrical quantities, using Internet Of Things and other communication protocols for the integration of devices.

The components were properly connected through a breadboard, namely: the ESP32 microcontroller, and the SCT-013 sensors for measuring the current signals, and ZMPT101B for measuring the voltage signals. The software was developed using the Arduino IDE and also the PyCharm programming environment for streaming data and plotting the graphs. The objective of this work was to collect voltage, current and power data in real time, perform data streaming on a local network and compare the values measured by the prototype with measuring instruments.

**Keywords:** Monitoring. ESP32. Sensors. IoT

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Simbologia tensão elétrica .....                  | 17 |
| Figura 2 - Forma de onda das correntes .....                 | 18 |
| Figura 3 - Triângulo das Potências .....                     | 19 |
| Figura 4 - Microcontrolador ESP32 .....                      | 21 |
| Figura 5 - Sensor de Tensão ZMPT101B LC Thecnology .....     | 22 |
| Figura 6 - Sensor de Corrente SCT-013 .....                  | 23 |
| Figura 7 - Como usar o Sensor de Corrente SCT-013.....       | 23 |
| Figura 8 - Bobina do Sensor SCT-013 .....                    | 24 |
| Figura 9 - Circuito da bobina do Sensor SCT-013. ....        | 24 |
| Figura 10 - Circuito Resistor de Carga.....                  | 24 |
| Figura 11 - Arquitetura Protocolo TCP/IP .....               | 29 |
| Figura 12 -Simulação em Protoboard do circuito.....          | 30 |
| Figura 13 - Arquitetura do projeto.....                      | 31 |
| Figura 14 - Osciloscópio Digital. ....                       | 31 |
| Figura 15 - Multímetro de bancada .....                      | 32 |
| Figura 16 - Multímetro portátil.....                         | 32 |
| Figura 17 - Módulo de Carga .....                            | 32 |
| Figura 18 - Sensor de tensão com entrada em 0V. ....         | 33 |
| Figura 19 -Sensor alimentado pela tensão da rede .....       | 34 |
| Figura 20 - Circuito de calibração do sensor de tensão. .... | 34 |
| Figura 21 - Experimento com carga resistiva.....             | 35 |
| Figura 22 - Circuito Acionamento Lâmpada.....                | 35 |
| Figura 23 - Gráfico Tensão 1 Lâmpada.....                    | 36 |
| Figura 24 - Gráfico de Corrente 1 Lâmpada.....               | 37 |
| Figura 25 - Gráfico de Potência 1 Lâmpada.....               | 37 |
| Figura 26 - Circuito 2 Lâmpadas em série .....               | 38 |
| Figura 27 - Tensão 2 Lâmpadas em Série .....                 | 39 |
| Figura 28 - Corrente 2 Lâmpadas em Série.....                | 39 |
| Figura 29 - Potência 2 Lâmpadas em Série .....               | 39 |
| Figura 30 - Acionamento 2 Lâmpadas em Paralelo. ....         | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 31 - Tensão 2 Lâmpadas em Paralelo. ....   | 41 |
| Figura 32 - Corrente 2 Lâmpadas em paralelo. .... | 41 |
| Figura 33 - Potência 2 Lâmpadas em paralelo. .... | 41 |

## LISTA TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Comparação entre ESP32 e Arduino Uno .....                  | 21 |
| Tabela 2 - Comparação de medições nominais, teóricas e protótipo ..... | 37 |
| Tabela 3 - Comparação dos valores para 2 Lâmpadas em Série .....       | 40 |
| Tabela 4 - Comparação dos valores para 2 Lâmpadas em Paralelo .....    | 42 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

IDE – Integrated Development Environment

IoT – Internet Of Things

IP – Internet Protocol

SCT – Split-core *Current Transformer*

TCP – Transmission Control Protocol

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMO.....</b>                      | <b>5</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                   | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>       | <b>7</b>  |
| <b>LISTA TABELAS .....</b>              | <b>9</b>  |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>       | <b>10</b> |
| <b>SUMÁRIO.....</b>                     | <b>11</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>               | <b>13</b> |
| 1.1 Objetivo Geral .....                | 14        |
| 1.1.1 Objetivos específicos .....       | 15        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>     | <b>16</b> |
| 2.1 TRABALHOS RELACIONADOS .....        | 16        |
| 2.2 TENSÃO E CORRENTE .....             | 17        |
| 2.2.1 Potência .....                    | 18        |
| 2.3 MICROCONTROLADORES .....            | 20        |
| 2.3.1 Microcontrolador ESP32 .....      | 20        |
| 2.3.2 Sensores .....                    | 22        |
| 2.4 COLETA DE DADOS DO CONSUMO.....     | 26        |
| 2.4.1 Envio de Dados à Nuvem .....      | 26        |
| 2.5 COMUNICAÇÃO .....                   | 26        |
| 2.6 INTERNET OF THINGS .....            | 26        |
| 2.6.1 Sockets.....                      | 27        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>               | <b>30</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....</b> | <b>43</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>APÊNDICE A – Código IDE Arduino para a leitura dos sensores no ESP32.....</b> | <b>48</b> |
| <b>APÊNDICE B – Código do streaming de dados em Python.....</b>                  | <b>52</b> |
| <b>ANEXO 1 – TRANSMISSÃO E PLOTAGEM DE GRÁFICOS EM TEMPO REAL....</b>            | <b>54</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico das últimas décadas, os equipamentos estão cada vez mais modernos e conectados, a partir disso, surgiu o termo *Internet Of Things* ou Internet das Coisas, reinventando muito do que já era considerado tecnológico. Resumidamente, o termo é utilizado para nomear o avanço tecnológico responsável por conectar itens e equipamentos do dia a dia à rede mundial de computadores. Aparelhos eletrônicos e alguns aparelhos eletrodomésticos necessitam de acesso à internet para desempenhar funções, a IoT tem seu foco voltado para equipamentos que sequer imaginávamos ser possível uma conexão à rede. (OLIVEIRA; TINTO, 2020)

É incontestável vive-se atualmente em um mundo altamente tecnológico, e que hoje, na maioria dos aspectos de nossa vida, tudo pode gerar um banco de dados, onde são armazenados conteúdos que vão do mais relevante ao descartável. Exemplos disso, são nossos smartphones, relógios e até espelhos inteligentes. A atividade de detecção, comunicação, *networking* e produção de novas informações são as principais características básicas da Internet das Coisas (IoT). (GUPTA *et al.*, 2015)

A IoT pode estar presente tanto em residências, bem como em uma cidade inteira, interligando todos os pontos possíveis, para uma melhor gestão de recursos, a partir disso, surge o que chamamos de *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes. Embora ainda não exista uma definição consensual e amplamente aceita de cidades inteligentes, seu objetivo final é promover melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, enquanto reduz os custos operacionais da administração pública (Zanella et al., 2014). Uma cidade é considerada inteligente quando os investimentos em capital humano e social, infraestrutura de comunicação tradicional (transporte) e moderna impulsionam o crescimento econômico sustentável e uma alta qualidade de vida, com uma gestão inteligente dos recursos naturais, por meio de governança participativa (Caragliu et al., 2011).

Tecnologias baseadas em dispositivos conectados à internet (IoT) podem ser integradas em vários âmbitos da sociedade atual, inclusive no que diz respeito à energia elétrica, hoje, já existe o chamado *smart meters* que nada mais são que medidores residenciais inteligentes. A eletrônica embarcada nesse dispositivo permite coletar uma ampla variedade de informações e o seu compartilhamento através dos sistemas de comunicações e ainda uma atuação local com base em comandos remotos. Essas novas funcionalidades têm viabilizado, entre outros itens: a

redução do custo operacional, redução das perdas técnicas e não técnicas e a inclusão no sistema de energia gerada a partir de fontes renováveis. (FORTES *et al.*, 2017)

Dessa forma, a IoT fornece por meio de dispositivos prontos um monitoramento do consumo, mas, permite também o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto do consumo de energia elétrica, através de sensores e microcontroladores, que, uma vez conectados, podem fornecer dados de tensão, corrente e fator de potência, que podem ser acessados e lidos a qualquer momento, em tempo real, de qualquer lugar.

Além disso, com as residências dispostas de cada vez mais dispositivos eletrônicos, as cidades incorporando serviços digitais e o advento de IoT (Internet of Things ou Internet das Coisas), o consumo tende a aumentar, gerando um grande volume de dados. Isso demonstra a necessidade de lidar com um cenário desse tipo de forma satisfatória. (CARVALHO, 2019)

Analisando tal cenário, considerando que a implementação de dispositivos que funcionam por meio da *Internet Of Things* seja uma tecnologia ainda não difundida e relativamente de alto custo, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do consumo, utilizando uma plataforma microcontrolada juntamente com sensores de medição de grandezas elétricas, utilizando *Internet Of Things* e outros protocolos de comunicação para a integração dos dispositivos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de coleta de dados de tensão e corrente por meio de uma plataforma microcontrolada, utilizando *softwares* e *hardwares* para o desenvolvimento do protótipo.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Fazer a medição de corrente, tensão e potência, a partir de sensores de tensão e corrente conectados ao microcontrolador;
- Fazer *streaming* em rede local dos dados coletados;
- Plotar os gráficos dos valores lidos em determinada faixa de amostras;
- Comparar os resultados lidos pelo protótipo, com os valores lidos por equipamentos de medição e por fim, realizar o cálculo do erro absoluto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TRABALHOS RELACIONADOS

Há na literatura, uma quantidade considerável de trabalhos que possuem alguma semelhança com a proposta aqui apresentada, entretanto, muitos, ainda assim, são um pouco distantes dos resultados aqui obtidos. Dessa forma, citados estão os que mais se assemelham e que são mais relevantes para a construção desse trabalho.

Em um estudo realizado em 2018, têm-se um sistema destinado à aquisição de dados, e determinação do fator de potência, utilizando o microcontrolador Arduino. Utilizou-se o microcontrolador Arduino, e o sensor SCT-013 para aquisição dos dados de tensão e corrente. Resumidamente, no experimento utilizou-se equipamentos domésticos comuns para comparar os valores obtidos pelo protótipo e os valores lidos por outros equipamentos de medição, para obter os dados e transferi-los para o Excel, de forma a determinar as formas de onda de tensão e corrente, o autor utilizou-se do software Parallax Data Acquisition tool, esses dados são distribuídos pelo software na plataforma Excel e, a partir desse ponto, geram gráficos para a análise do sistema. (FERREIRA, 2018).

Outro estudo similar utiliza dois microcontroladores para o desenvolvimento de um sistema que possa medir o Fator de Potência. Faz-se uma comparação entre os microcontroladores, com o objetivo de identificar qual o melhor, com base nos ganhos de cálculo, e utiliza o sensor de corrente SCT-013 para coletar os dados de tensão e corrente. O autor utilizou-se de um ferro de passar roupa como carga e obteve como resultado, a comparação dos valores obtidos pelos dois microcontroladores com os valores lidos por medidores convencionais, para então, determinar qual seria o melhor microcontrolador. (KUROISHI, 2018)

Um estudo realizado em 2021 propõe o desenvolvimento de um dispositivo IoT para o monitoramento do consumo de energia elétrica em instalações monofásicas. Os autores desenvolveram o protótipo utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores de corrente e temperatura. O estudo tinha propunha também o desenvolvimento de uma interface gráfica para a visualização das variáveis de consumo, e obtiveram como resultado, a transmissão dos dados coletados e a visualização em tempo real das variáveis de consumo. (SOUZA; RAIZER; PIONTKIEWICZ, 2021)

Outro estudo realizado em 2018 teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de energia elétrica residencial, através do microcontrolador ESP32. Os autores criam também uma interface gráfica para a visualização dos dados obtidos, onde é possível a interação do cliente com a interface, possibilitando a visualização do consumo em cada uma das fases de sua residência. (MAESTRELLI; NAPOLEÃO, 2018)

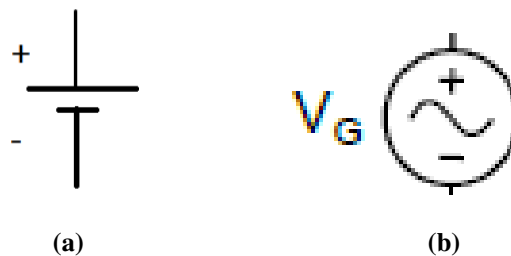
Na literatura, há estudos que utilizaram microcontroladores, e até mesmo sensores iguais aos citados no presente trabalho, mostrando-se possível a coleta e análise de dados de tensão, corrente e potência por meio destes. Portanto, o desenvolvimento do protótipo desse estudo pretende realizar a coleta de dados de tensão, corrente e potência, com o uso do microcontrolador, conectando dispositivos através de um *hotspot*, podendo assim ser considerado um dispositivo de IoT, e por fim, utilizando o protocolo de comunicação por sockets para fazer o streaming dos dados e plotar os gráficos referentes à cada grandeza elétrica.

## 2.2 TENSÃO E CORRENTE

### TENSÃO ELÉTRICA

De acordo com Lemes (2015) a tensão elétrica (V), que também é medida em volt (V) é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. Ela indica o trabalho que deve ser feito, por unidade de carga, contra um campo elétrico para se movimentar uma carga qualquer. Quando uma carga de prova é submetida a uma tensão elétrica, ela move-se da região de maior potencial para a região de menor potencial. Nesse cenário, toda fonte de tensão é estabelecida com a simples criação de uma separação de cargas positivas e negativas, podemos observar na Figura 1, os símbolos de tensão contínua (a) e tensão alternada (b).

**Figura 1 – Simbologia tensão elétrica**



A tensão elétrica é a grande responsável pelo surgimento da corrente elétrica. (LEMES, 2015)

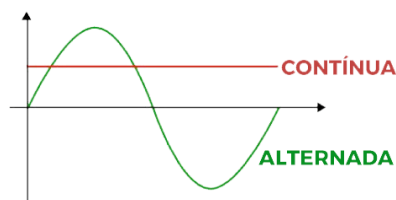
## CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica, ou também, é o deslocamento de cargas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades. Tal deslocamento procura restabelecer o equilíbrio desfeito pela ação de um campo elétrico. (GRAÇA, 2012)

Em outras palavras, corrente elétrica é a quantidade de carga elétrica que atravessa a seção transversal de um condutor em um intervalo de um segundo. (LEMES, 2015)

Assim como ocorre na tensão, a corrente elétrica também se divide entre contínua e alternada, como pode-se observar na Figura 2:

**Figura 2 – Forma de onda das correntes**



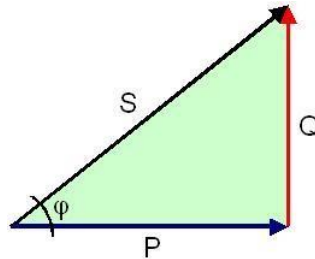
Fonte: [https://inbraep.com.br/assets/blog/corrente\\_continua\\_alternada.png](https://inbraep.com.br/assets/blog/corrente_continua_alternada.png)

A diferença básica entre as correntes elétricas contínua e alternada é que, enquanto na corrente contínua (CC) os elétrons movem-se em um único sentido, a corrente alternada (CA) possui elétrons que variam sua direção constantemente. (PORTAL SOLAR, 2022)

### 2.2.1 Potência

De acordo com Ceripa (2009) Potência é a energia gasta pela máquina para realizar algum tipo de trabalho. Existem três tipos de Potência, e podemos ver na Figura 3, comumente chamada com triângulo das potências:

**Figura 3 – Triângulo das Potências**



Fonte: [https://www.wikiwand.com/pt/Tri%C3%A2ngulo\\_de\\_pot%C3%A2ncias](https://www.wikiwand.com/pt/Tri%C3%A2ngulo_de_pot%C3%A2ncias)

Onde, S representa a Potência Aparente, P representa a Potência Ativa e Q representa a Potência Reativa, que serão definidas a seguir.

- Potência ativa

A potência ativa, que também pode ser denominada como potência real ou potência útil.

Potência ativa é a que é realmente transferido para a carga. A carga em um circuito de corrente alternada pode ser um motor de indução, pode ser carga de iluminação ou qualquer dispositivo que converta energia elétrica em alguma outra forma de energia útil.

A potência real é a responsável por gerar luz, movimento, calor (é a que converte a energia elétrica em energia térmica). (ALUGAGERA, 2019)

A potência ativa é calculada pela seguinte fórmula:

$$P = V * I \cos\varphi$$

Onde, P é a potência ativa medida em watt (W), V representa a tensão, I representa a corrente e  $\cos\varphi$  representa o fator de potência.

- Potência Reativa

A potência reativa, também chamada de potência magnetizante, é a potência total na qual a energia é armazenada pela reatância. Ela é útil ao funcionamento de transformadores, motores e dispositivos magnéticos em geral (SAMEDI, 2017). A fórmula para o cálculo da potência reativa pode ser vista abaixo:

$$Q = V * I * \sin\varphi$$

O resultado desse cálculo é dado em volt-ampère reativo (VAr).

- Potência Aparente

É o produto da tensão eficaz, e da corrente eficaz. A potência aparente é apenas um valor de cálculo, porque neste produto não é levada em consideração a defasagem angular entre

tensão e corrente. A adição geométrica da potência ativa e reativa determinam a potência aparente (USP, 2008).

A potência aparente pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$S = \frac{P}{fp}$$

## 2.3 MICROCONTROLADORES

Microcontrolador é um circuito integrado composto por um microprocessador e dispositivos periféricos essenciais para o seu funcionamento como: memória de programa e de dados; e também periféricos acessórios como: interfaces de entrada e saída de dados. Os microcontroladores também são equipados com diversos circuitos eletrônicos tais como: conversor analógico digital, temporizadores, comparadores, interfaces de comunicação, geradores de pulsos, entre outros. (SANTOS, 2009)

Esses dispositivos processam as informações e podem enviá-las via Wi-Fi para armazenamento em nuvem ou enviar comandos para atuadores. Tudo isso ocorre por meio de linguagem de programação.

De acordo com Souza (2005, p. 21) poderíamos definir o microcontrolador como um ‘pequeno’ componente eletrônico, dotado de inteligência programável utilizado no controle de processos lógicos.

### 2.3.1 Microcontrolador ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de código aberto baseado em uma placa de entrada / saída. A placa é projetada para suportar Wi-Fi e Bluetooth. (ALLAFI; IQBAL, 2017, tradução nossa). A configuração da placa projetada pela empresa Espressif Systems se mostra por meio da Figura 4:

**Figura 4 – Microcontrolador ESP32**





Fonte: filipeflop.com.

Em comparação com um microcontrolador muito utilizado em projetos de automação, o ESP32 se sobressai em todas as categorias, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Comparação entre ESP32 e Arduino Uno

| Especificações        | ESP32                       | Arduino Uno    |
|-----------------------|-----------------------------|----------------|
| Quantidade de Núcleos | 2                           | 1              |
| Arquitetura           | 32bits                      | 8bits          |
| Frequência de CPU     | 160MHz                      | 16MHz          |
| WiFi                  | Sim                         | Não            |
| Bluetooth             | Sim                         | Não            |
| RAM                   | 512KB                       | 2KB            |
| Flash                 | 16MB                        | 32KB           |
| Pinos GPIO            | 36                          | 14             |
| Barramento            | SPI, I2C, UART, I2S,<br>CAN | SPI, I2C, UART |
| Pinos ADC             | 18                          | 6              |
| Pinos DAC             | 2                           | 0              |

Fonte: Autoria Própria.

É certo que o microcontrolador ESP32 é bastante utilizado em aplicações IoT em decorrência dos seus módulos de conexão já citados, essa ideia é reforçada por Agnol (2018) que usa como justificativa o baixo custo e alta eficiência em relação aos outros microcontroladores já existentes no mercado.

### 2.3.2 Sensores

O sensor basicamente é um dispositivo que tem a função de detectar e responder com eficiência algum estímulo. Existem vários tipos de sensores que respondem à estímulos

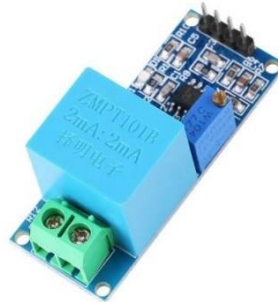
diferentes como por exemplo: calor, pressão, movimento, luz e outros. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos. (MATTEDE, 2021)

Para o monitoramento das grandezas elétricas de tensão e corrente é necessário o uso de sensores que captem tais sinais analógicos e os enviem ao microcontrolador ou qualquer outro dispositivo capaz de enviar dados ou sinais para atuadores ou plataformas de análises.

Nesse projeto, para captar os sinais analógicos de tensão, tem-se o sensor de tensão ZMPT101B fabricado pela empresa LC Thecnology, mostrado na Figura 5.

De acordo com Usinainfo (2021) o sensor de tensão é um módulo que verifica a existência de tensão alternada de até 250V, no circuito em que estiver conectado. Ou seja, ele necessita receber alimentação da rede para que possa medir a tensão no pino de saída.

**Figura 5 – Sensor de Tensão ZMPT101B LC Thecnology.**



**Fonte: casadarobotica.com.**

O princípio de funcionamento é simples, quando entra energia AC no circuito ele libera um valor de sinal x nos pinos, sempre que variar a tensão alternada varia a de sinal. (USINAINFO, 2021)

Já na etapa de captação dos sinais analógicos de corrente elétrica, o sensor escolhido foi o sensor não invasivo de corrente SCT-013 produzido pela YHDS, e tem como capacidade medir até 100A (corrente), mostrado na Figura 6:

**Figura 6 – Sensor de Corrente SCT-013**



Fonte: yhds.com.

O sensor de corrente SCT-013 é muito versátil e tem como principal vantagem o fato de não precisar de contato elétrico com o circuito para medir a corrente elétrica alternada. Ou seja, não precisamos abrir o circuito para ligá-lo em série com a carga, basta apenas “abraçar” um dos fios ligados ao equipamento a ser monitorado. (DEMETRAS, 2017)

Como mostra a Figura 7:

**Figura 7 – Como usar o Sensor de Corrente SCT-013**



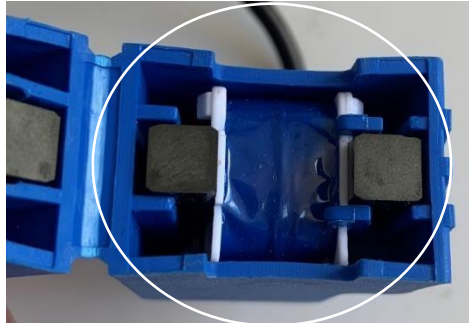
Fonte: Autoria Própria.

Ainda de acordo com Demetras (2017) para fazer a medição da corrente sem a necessidade de contato elétrico com o circuito esse sensor de corrente alternada utiliza as propriedades magnéticas da corrente elétrica. Esse sensor nada mais é que um TC (transformador de corrente), que em inglês é CT (*Current Transformer*), que é um conjunto de espiras que são colocadas ao redor de um condutor ao qual queremos medir a corrente. O transformador de corrente (TC) terá em seus polos uma corrente alternada induzida  $I_s$ , que é proporcional a corrente alternada  $I_c$  que percorre o condutor ao qual pretendemos medir a corrente elétrica.

SCT é a sigla para *Split-core Current Transformer*, ou seja, Transformador de corrente de núcleo dividido. Para fazer a medição da corrente elétrica o SCT-013 possui uma bobina interna em sua estrutura (DEMETRAS, 2017). Dessa forma ao submeter o sensor a uma corrente de 100 A, será gerada uma corrente induzida de 50 mA rms, ou seja, uma relação de transformação de 2000. (FERREIRA, 2018)

Como é possível ver na Figura 8:

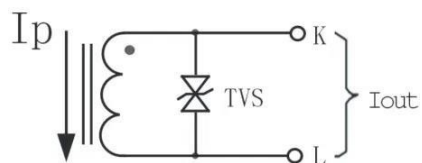
**Figura 8 – Bobina do Sensor SCT-013**



Fonte: Autoria Própria.

O circuito da bobina é bem simples e pode ser visto na Figura 9:

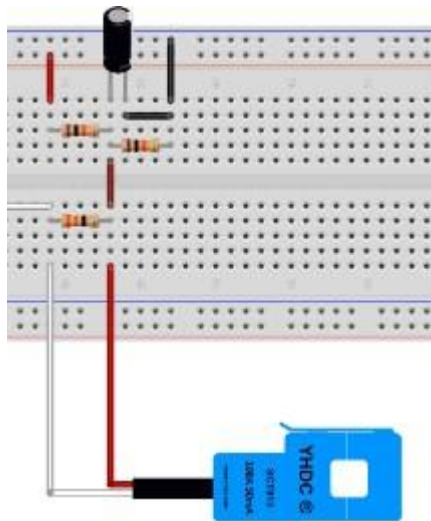
Figura 9 – Circuito da bobina do sensor SCT-013



Fonte: <https://www.rhydolabz.com/documents/Specification%20of%20SCT013.pdf>

Esse sensor tem em sua saída uma variação de corrente, e o microcontrolador lê apenas variações de tensão, logo, faz-se necessário o uso de um componente adicional chamado resistor de carga, responsável por gerar a variação de tensão, tornando possível a leitura no microcontrolador. O circuito pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Circuito Resistor de Carga



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-corrente-sct013-com-arduino/>

Onde, o capacitor tem por objetivo a atenuação de ruídos.

## 2.4 COLETA DE DADOS DO CONSUMO

O monitoramento do consumo de energia é a ação automatizada de registrar e processar os dados do consumo em tempo integral e no momento em que ele ocorre, ou muito próximo dele (GIRARDI, 2019).

A prática consiste na medição e acompanhamento, automático ou não, das grandezas elétricas relacionadas ao consumo, notadamente módulo e fase da corrente e da tensão elétrica. A partir dessas grandezas fundamentais, é possível calcular via *software* a potência elétrica ativa, potência elétrica reativa, o fator de potência e a frequência elétrica. (OLIVEIRA et al., 2021)

Um monitoramento eficaz deve, minimamente, ser capaz de fornecer as informações de módulo e fase das tensões e correntes elétricas, a partir das quais é possível obter os valores de potência ativa e reativa. (OLIVEIRA et al., 2021)

Para um monitoramento remoto do consumo, uma opção eficaz e de baixo custo são os microcontroladores.

### 2.4.1 ENVIO DE DADOS À NUVEM

A computação em nuvem surge da necessidade de construir infraestruturas de TI complexas, onde os usuários têm que realizar instalação, configuração e atualização de sistemas de software. Em geral, os recursos de computação e hardware são propensos a ficarem obsoletos rapidamente e a utilização de plataformas computacionais de terceiros é uma solução inteligente para os usuários lidarem com infraestrutura de TI. Na computação em nuvem os recursos de TI são fornecidos como um serviço, permitindo que os usuários o acessem sem a necessidade de conhecimento sobre a tecnologia utilizada. Assim, os usuários e as empresas passaram a acessar os serviços sob demanda e independente de localização, o que aumentou a quantidade de serviços disponíveis. (SOUSA *et al.*, 2022)

Em resumo, é uma plataforma que provê serviços sob demanda, que está sempre disponível, em qualquer lugar e a qualquer hora. (BRITO, [201-])

Uma das aplicações mais importantes e utilizadas na computação em nuvem é o armazenamento de dados, que consiste na capacidade de guardar arquivos ou registros digitais em ambientes virtuais com acesso disponibilizado por meio da internet. (SOLUTIONS, 2019)

De acordo com Solutions (2019) esses ambientes, geralmente, disponibilizam acesso multiplataforma, de modo que os dados enviados a partir de um dispositivo podem ser acessados por qualquer outro dispositivo com internet e que tenha capacidade de realizar a leitura dos arquivos armazenados.

## 2.5 COMUNICAÇÃO

Uma rede de computadores caracteriza-se por dois ou mais computadores interligados, não importando por qual meio (cabos, ondas de rádio etc), desde que sejam capazes de trocar informações entre si e/ou compartilhar seus recursos de hardware. Em uma rede de computadores também podemos ter clientes e servidores. Servidor é uma máquina que fornece um serviço qualquer na rede e Cliente é uma máquina que consome o serviço fornecido pelo Servidor. Também dizemos que algumas aplicações são clientes e outras servidoras, quando fornecem ou consomem serviços na rede. (TEDESCO, 2019)

Dentre essas comunicações, podemos citar a Internet of Things e a comunicação por sockets.

## 2.6 INTERNET OF THINGS

É incontestável que vivemos em um mundo altamente tecnológico, e que hoje, na maioria dos aspectos de nossa vida, tudo pode gerar um banco de dados, onde são armazenados conteúdos que vão do mais relevante ao descartável. Exemplos disso, são nossos smartphones, relógios e até espelhos inteligentes. (OLIVEIRA et al., 2021)

Comunicação dos dispositivos conectados a uma internet habilitada constitui o que se chama de 'Internet das Coisas'. (GUPTA; GUPTA; CHHABRA, 2015)

A Internet das Coisas incorpora conceitualmente visões inteligentes de automatizar as atividades do dia a dia. Idealmente, o IoT otimizará nossas rotinas futuras com sistemas inteligentes e robustos que tornarão nossa vida não apenas fácil, mas também rápida, com base em nossas preferências e prioridades, como alarmes matinais, horário do café, tomada de remédios etc., fornecendo atualizações frequentes em minutos e dados meteorológicos. (GUPTA; GUPTA; CHHABRA, 2015)

Em suma, a IoT tem o poder de atender a todas as nossas necessidades antes mesmo de precisarmos perceber o que queremos e precisaremos. A interconectividade e a automação são o verdadeiro poder das soluções IoT. A IoT não apenas facilitou nossas vidas, mas também tem muito potencial para gerar valor econômico e mudança social. Mas ainda assim, 85% das coisas ainda estão desconectadas e uma ameaça à segurança generalizada, para a qual a indústria ainda não conquistou o real potencial da IoT.

Automação é definida como “a criação e uso de tecnologia para inspecionar e controlar a produção e distribuição de produtos e serviços”. (GUPTA; GUPTA; CHHABRA, 2015)

A IoT descreve um sistema em que os elementos no mundo físico, e sensores dentro ou acoplados a esses elementos, estão conectados à Internet através de conexões de Internet sem fio e com fio. Os sensores podem usar vários tipos de conexões de área local como RFID, NFC, Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee. Os sensores podem apresentar também a conectividade de longa distância como GSM, GPRS, 3G e LTE. (LOPEZ RESEARCH LLC, 2013)

A IoT está a mudar o mundo em que vivemos, desde a maneira que conduzimos, a como fazemos as compras até às nossas rotinas em casa. Com sensores e microprocessadores embutidos nos objetos físicos, em que cada conjunto tem a capacidade de transmitir os dados importantes (recolhidos pelos sensores e processados pelo microprocessador) que permitem perceber como esses objetos trabalham e interagem com o mundo. Um mundo com IoT terá grandes quantidades de dados a serem partilhados na internet de todas áreas, desde a monitorização da saúde pessoal à produção em tempo real de uma fábrica. (OLIVEIRA, J. 2021)

### 2.6.1 SOCKETS

Socket é um ponto de comunicação (*endpoint*) entre dois processos, sendo composto de um endereço e uma porta. Assim, a comunicação entre processos consiste na transmissão de mensagens entre sockets alocados em processos. (JUNIOR, 201?)

Socket provê a comunicação entre *duas pontas* (fonte e destino) - também conhecido como *two-way communication* - entre dois processos que estejam na mesma máquina (*Unix Socket*) ou na rede (*TCP/IP Sockets*). Na rede, a representação de um socket se dá por ip:porta, por exemplo: 127.0.0.1:4477 (IPv4). Um socket que usa rede é um Socket TCP/IP. (TEDESCO, 2019)

Tendo-se dois ou mais sockets corretamente ‘conectados’ é possível estabelecer um canal de comunicação. De acordo com Santos (2016) é possível vincular processos a sockets e estabelecer um canal de comunicação, mas para isso é necessário um suporte da linguagem de programação para utilizar tal estratégia.

O TCP é considerado um protocolo confiável, pois provê garantia de entrega das mensagens, e de forma ordenada, roda sobre o protocolo IP, e sendo ele um protocolo orientado a conexão, necessita de uma troca de dados iniciais entre os envolvidos para estabelecer uma conexão. (SILVA, 2021)

O IP e o TCP são dois protocolos diferentes da rede de computadores. O IP é o “CPF” dos computadores, sigla para Internet Protocol, ou seja, protocolo de internet.

É o principal protocolo de comunicação responsável tanto pelos formatos quanto pelas regras de troca de dados e mensagens entre computadores de uma ou várias redes conectadas à internet. Ele é um rótulo composto por números atribuídos a um dispositivo conectado à rede. Cada dispositivo possui um endereço IP que o identifica, permitindo que ele se comunique e troque dados com outros dispositivos conectados. (GASPAR, 2021)

Ainda de acordo com Gaspar (2021) o protocolo TCP é responsável pela entrega de dados imediatamente após o IP ser encontrado. Dessa forma, esse protocolo estabelece uma conexão entre a origem e o destino da transmissão através do IP.

Em seguida, ele divide grandes quantidades de dados em pacotes menores. Basicamente, o TCP é um padrão de comunicação que permite que programas, aplicativos e dispositivos de computação troquem mensagens em uma rede. (GASPAR, 2021)

Dessa forma, o significado de protocolo TCP/IP nada mais é que um grupo de protocolos de comunicação cujo objetivo é entregar pacotes de dados entre dispositivos de origem e destino, usando informações de endereço.

Podemos observar melhor como funciona a arquitetura TCP/IP na Figura 11.



Figura 11 – Arquitetura Protocolo TCP/IP

## TCP / IP

|   | Camada da Arquitetura | Protocolos                           |
|---|-----------------------|--------------------------------------|
| 4 | Aplicação             | FTP, SMTP, TELNET, HTTP, HTTPS, POP3 |
| 3 | Transporte            | TCP, UDP                             |
| 2 | Internet              | IP (IPv4, IPv6)                      |
| 1 | Acesso a Rede         | Ethernet , Frame Relay               |

Fonte: [http://ccna-redes.blogspot.com/p/arquitetura-tcpip\\_2542.html](http://ccna-redes.blogspot.com/p/arquitetura-tcpip_2542.html).

Onde podemos visualizar melhor as características citadas acima, desde o início da comunicação, até a camada de aplicação. Detalhando melhor cada camada, segundo Santos (2017):

- Na camada de aplicação fazemos nossas requisições para executarmos determinadas tarefas em nossa rede, ou seja, essa camada é responsável pela interação junto ao usuário.
- Na camada de transporte o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) é usado na entrega de pacotes de forma confiável. Como seu próprio nome diz é usado no controle de transmissão garantindo que o pacote chegue ao seu destino, e garantido que o mesmo esteja livre de erros. Essas características definem o protocolo como um protocolo orientado a conexão.
- Na camada internet é realizada a comunicação entre máquinas vizinhas através do protocolo IP. Para identificar cada máquina e a própria rede onde essas estão situadas, é definido um identificador, chamado endereço IP, que é independente de outras formas de endereçamento que possam existir nos níveis inferiores. No caso de existir endereçamento nos níveis inferiores é realizado um mapeamento para possibilitar a conversão de um endereço IP em um endereço deste nível.
- A camada de acesso a rede é responsável pelo envio de datagramas construídos pela camada de rede.

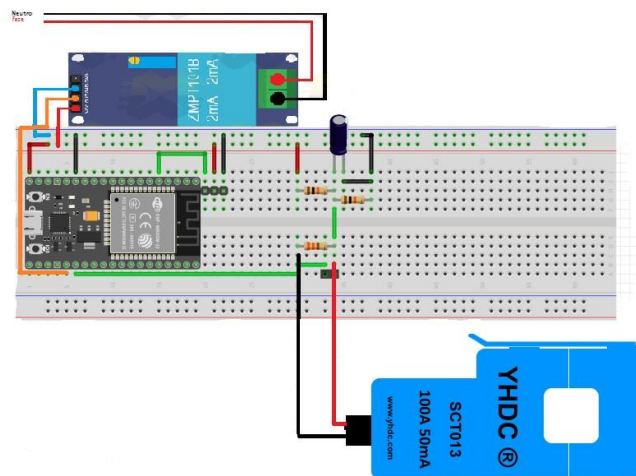
### 3 METODOLOGIA

A seguir serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste projeto.

Inicialmente, fez-se uma pesquisa bibliográfica sobre trabalhos semelhantes em periódicos e artigos científicos disponibilizados em meios eletrônicos, como base para a compreensão de como coletar dados de tensão e corrente, bem como o monitoramento remoto do consumo.

Para a montagem do sistema de monitoramento, utilizou-se uma *protoboard*, os sensores e o microcontrolador aqui já citados. A montagem do circuito foi feita de acordo com a Figura 12.

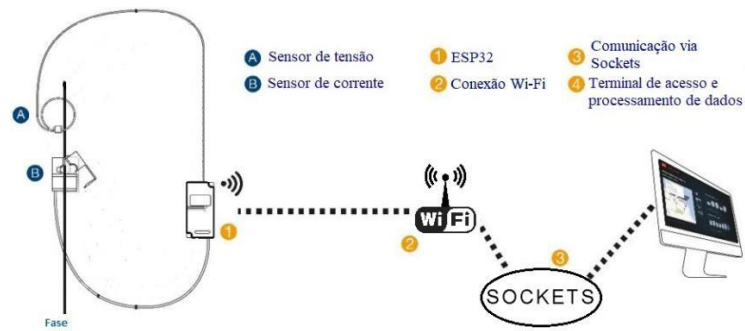
**Figura 12 – Simulação em Protoboard do circuito**



**Fonte: Arquivo pessoal.**

O monitoramento fez-se a partir de comandos enviados ao microcontrolador utilizando a plataforma IDE Arduíno, onde é possível fazer a programação de placas de código aberto, como a ESP32. Para a aquisição e envio desses dados, utilizou-se o protocolo de comunicação por Sockets, desenvolvido na linguagem Python de programação, utilizando o *software* PyCharm, que faz recebe os dados e plota gráficos em tempo real.

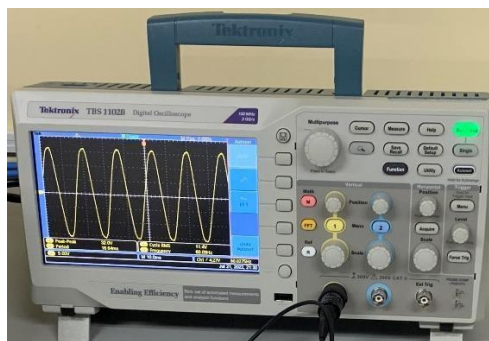
A arquitetura da proposta pode ser vista na Figura 13.

**Figura 13 – Arquitetura do projeto**

Fonte: Arquivo pessoal.

O microcontrolador processa os dados recebidos pelos sensores e os envia através da conexão via Wi-Fi, utilizando sockets pelo protocolo TCP/IP.

Em experimentos para a calibração dos sensores utilizou-se o osciloscópio digital da Tektronix, modelo TBS1102B que pode ser visto na Figura 14, com o objetivo de visualizar a forma de onda dos sensores.

**Figura 14 – Osciloscópio Digital**

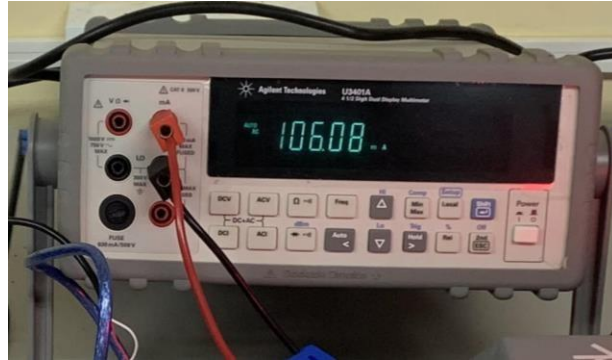
Fonte: Arquivo pessoal.

Após a calibração dos sensores, o protótipo foi colocado em funcionamento para testes, com o propósito de fazer alguns últimos ajustes antes da coleta definitiva dos dados.

Nesse processo, utilizou-se o equipamento Agilent U3401A 4 1/2 Digit Dual Display Multimeter, que é um multímetro de bancada, que foi destinado para a medição de corrente tal equipamento pode ser visto na Figura 15.

Para a medição de tensão utilizou-se Multímetro Portátil True Rms, modelo U1242b da Agilent, o multímetro pode ser visualizado na Figura 16.

**Figura 15 – Multímetro de bancada**



**Fonte: Autoria Própria.**

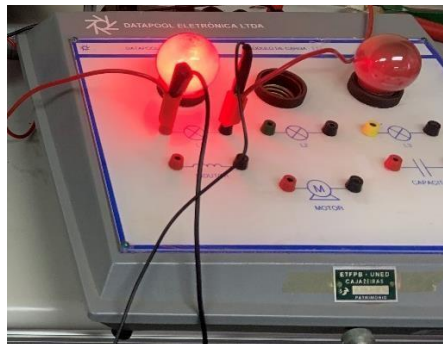
**Figura 16 – Multímetro portátil**



**Fonte: Autoria Própria.**

Como carga, utilizou-se duas lâmpadas de 25W de potência cada, - escolhidas pela limitação de material para teste disponível em laboratório, deixando como única alternativa a utilização de cargas resistivas (lâmpadas) - , conectadas a um módulo de carga III, da marca Datapool Eletrônica Ltda, mostrado na Figura 17.

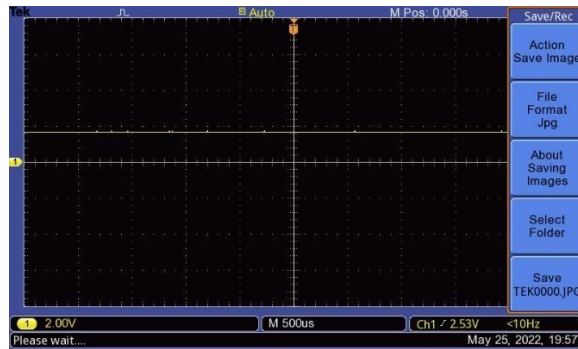
**Figura 17 – Módulo de Carga**



**Fonte: Arquivo Pessoal.**

Em comparação, em testes em laboratório, através do osciloscópio pode-se observar formato de onda na situação em que a leitura do sensor de tensão está com a entrada em 0V – offset, apresentado na Figura 18.

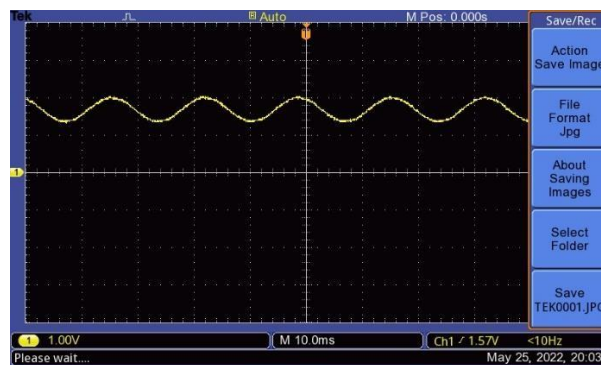
**Figura 18 – Sensor de tensão com entrada em 0V**



Fonte: Arquivo pessoal.

Em seguida, o sensor de tensão foi conectado à rede, onde, passou a ser alimentado com uma tensão de 220V, através de análise no osciloscópio, foi possível observar a forma de onda, que pode ser vista na Figura 19.

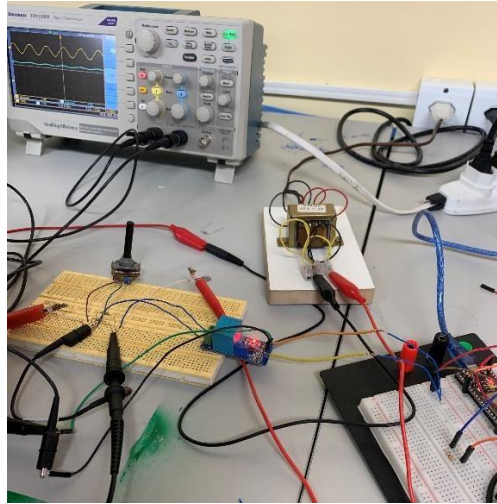
Figura 19 – Sensor alimentado pela tensão da rede



Fonte: Arquivo pessoal.

Em testes em laboratório com um circuito montado para definir a calibração dos sensores, composto por um resistor de  $270\Omega$ , um potenciômetro de  $2,2k\Omega$ , um transformador de 12v com 500mA, pode-se observar no osciloscópio digital a seguinte saída do sensor de tensão ZMPT101B mostrada na Figura 20:

Figura 20 – Circuito de calibração do sensor de tensão



**Fonte: Arquivo Pessoal.**

Na imagem, é possível observar no osciloscópio duas formas de onda, sendo a primeira, a tensão de saída do transformador, e a segunda, o sinal de saída do sensor de tensão a ser calibrado.

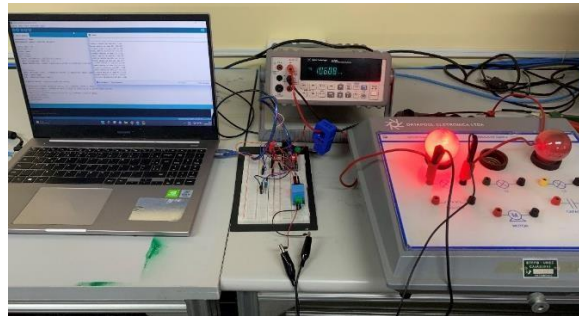
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui estarão listados os resultados obtidos através de testes com o protótipo. Foram realizados três testes diferentes com cargas resistivas (lâmpadas), detalhadas nos tópicos: I, II, III.

Em todos os testes utilizou-se lâmpadas de 25W de potência, um amperímetro de bancada Agilent e um multímetro para que fosse possível a comparação com os dados lidos pelos sensores. A montagem do experimento pode ser vista na Figura 21:

**Figura 21 – Experimento com carga resistiva**

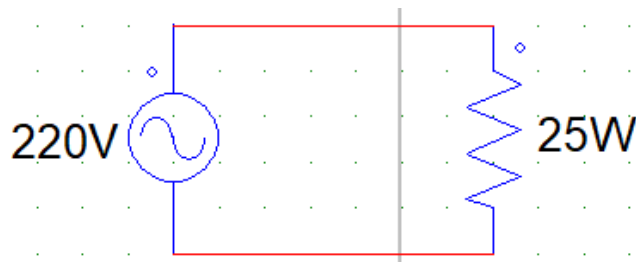
### I. 1 Lâmpada



Fonte: Arquivo Pessoal

Pode-se ver na Figura 22 o circuito de ligação para o teste com uma lâmpada.

**Figura 22 – Circuito Acionamento Lâmpada**



Fonte: PSIM.

Em um cenário ideal, utiliza-se as seguintes fórmulas para o cálculo dos valores teóricos de tensão, corrente, potência e como a carga é resistiva, calcula-se também a resistência, partindo da equação:  $P = \frac{U^2}{R}$  onde P representa a potência, U representa a tensão e R representa a resistência, obteríamos os seguintes resultados:

Utilizando  $P = 25W$  e  $V = 220V$  calculamos o valor ideal para a resistência da lâmpada:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Como tem-se os valores de tensão e potência, a Equação fica assim:

$$R = \frac{U^2}{P}$$

Substituindo os valores na Equação:

$$R = \frac{220^2}{25}$$

Obtemos o valor teórico da resistência da lâmpada:  $R = 1936\Omega$

Com base nesse valor ideal, calcula-se os valores de corrente e potência pelas Equações:

$$I = \frac{U}{R}; P = U * I, \text{ corrente e potência, respectivamente.}$$

Substituindo os valores de tensão e resistência na equação do cálculo da corrente:

$$I = \frac{220}{1936}$$

$$I = 0,1136A$$

Utilizando o valor ideal de corrente, obtém-se o valor teórico de potência:

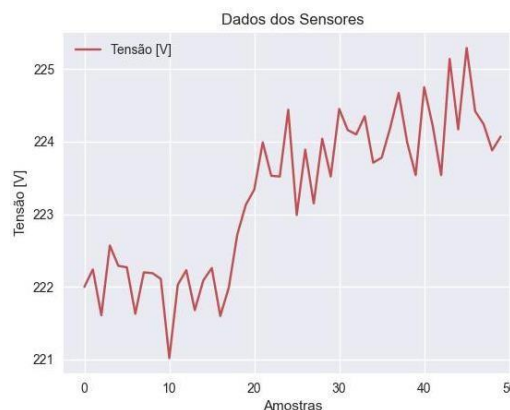
$$Pt = 220 * 0,1136$$

$$Pt = 24,99W$$

Esses, seriam os valores teóricos para o circuito acima.

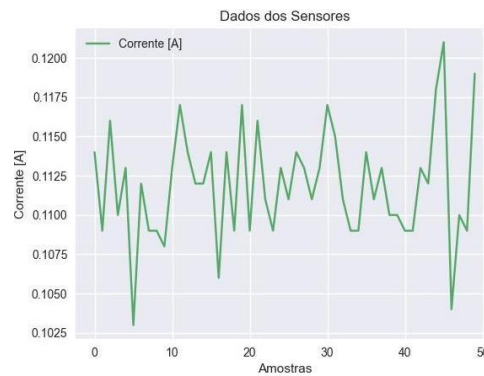
Através do streaming dos dados dos sensores, pode-se plotar em gráficos os resultados lidos pelos sensores de corrente e tensão, separadamente em cada gráfico, com os valores condizentes com o circuito de uma lâmpada. Os gráficos mostram os valores de tensão, corrente e potência, em um intervalo de 50 amostras com um tempo médio de 5.728,22 ms entre cada amostra. Tais gráficos podem ser observados nas Figuras 23, 24, 25, respectivamente, tensão, corrente e potência.

**Figura 23 – Gráfico Tensão 1 Lâmpada**

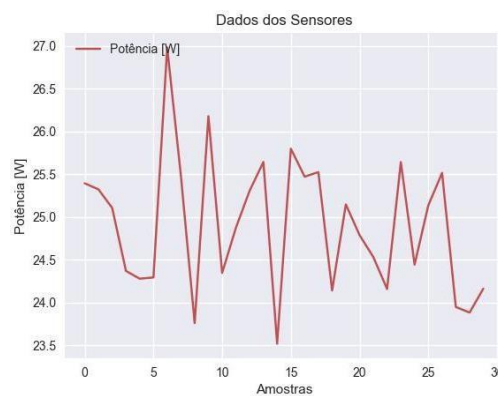


Fonte: PyCharm



**Figura 24 – Gráfico de Corrente 1 Lâmpada**

Fonte: PyCharm

**Figura 25 – Gráfico de Potência 1 Lâmpada**

Fonte: PyCharm

Tendo por base os resultados dos cálculos, junto dos valores lidos pelo amperímetro de bancada e multímetro com a leitura dos sensores de corrente e tensão, observaremos as variações obtidas no cenário real com essa mesma carga resistiva, é importante ressaltar que os valores exibidos nessa tabela são resultados de uma média do intervalo de medições. A Tabela 2 mostra tais valores.

Tabela 2 – Comparação de medições nominais, teóricas e protótipo

|          | Equipamentos de medição | Teórica | Protótipo |
|----------|-------------------------|---------|-----------|
| Tensão   | 223.2V                  | 220V    | 223.28V   |
| Corrente | 106.51mA                | 113.6mA | 111.8mA   |
| Potência | 25W                     | 24.99W  | 24.90W    |

Fonte: Autoria Própria.

Na medição de tensão, o protótipo apresentou um erro de apenas 0,035% em relação ao valor medido pelo multímetro.

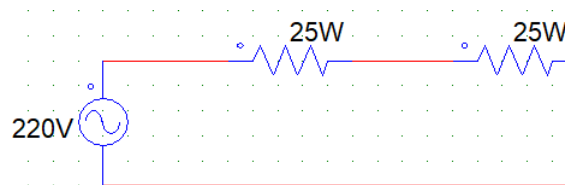
Na medição de corrente o erro foi de 4.96% em relação ao amperímetro de bancada.

Na medição de potência, levando em consideração a potência fornecida pelo fabricante o erro de medição foi de 0,4%.

## II. 2 Lâmpadas em série

Na Figura 26 pode-se observar o circuito de acionamento de duas lâmpadas em série.

**Figura 26 – Circuito 2 Lâmpadas em série**



**Fonte: PSIM**

Nesse segundo experimento, tem-se duas cargas resistivas, logo, usando o valor da resistência calculado no experimento (I), tem-se:

$$I = \frac{U}{2 * R}$$

Substituindo  $U = 220V$  e  $R = 1936\Omega$ :

$$I = \frac{220}{2 * 1936}$$

$$I = 0,057A$$

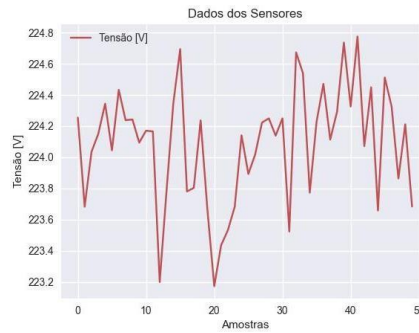
Esse seria o valor teórico da corrente. Com isso, é possível calcular o valor teórico da potência para as duas lâmpadas:

$$P = U * I$$

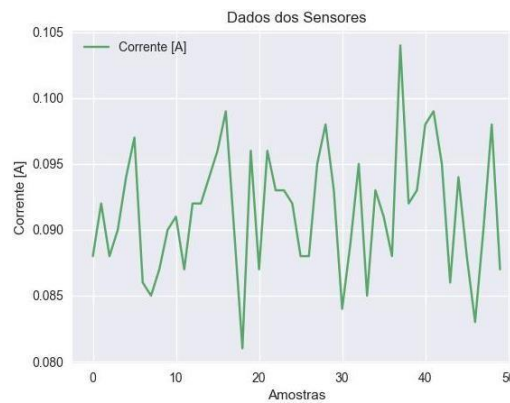
$$Pt = 220 * 0,057$$

$$Pt = 12,54W$$

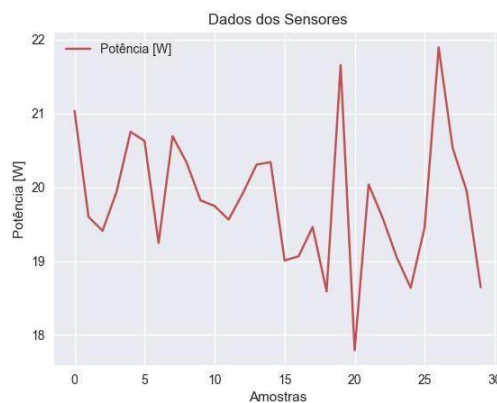
Assim como no experimento (I), através do streaming de dados lidos pelos sensores, os gráficos dos resultados de corrente e tensão, foram plotados separadamente, com os valores condizentes o circuito de duas lâmpadas em série. Os gráficos mostram os valores de tensão, corrente e potência, em um intervalo de 50 amostras com um tempo médio de 5.728,22 ms entre cada amostra. Tais gráficos podem ser observados nas Figuras 28, 29, 30, respectivamente, tensão, corrente e potência.

**Figura 27 – Tensão 2 Lâmpadas em Série**

Fonte: PyCharm

**Figura 28 – Corrente 2 Lâmpadas em Série**

Fonte: PyCharm

**Figura 29 – Potência 2 Lâmpadas em Série**

Fonte: PyCharm

Utilizando os valores calculados acima, bem como os valores lidos pelo protótipo e pelos equipamentos de medição, pode-se comparar o resultados. A visualização desses dados pode ser feita na Tabela 3. Os valores exibidos nessa tabela são resultados de uma média do intervalo de medições.

Tabela 3 – Comparação dos valores para 2 Lâmpadas em Série

|          | Equipamentos de medição | Teórico | Protótipo |
|----------|-------------------------|---------|-----------|
| Tensão   | 223.2V                  | 220V    | 224.08    |
| Corrente | 73.54mA                 | 57.00mA | 91.4mA    |
| Potência | -                       | 12,54W  | 19,82W    |

Fonte: Autoria Própria.

Calculando o erro para a medição de tensão, obtém-se um erro de 0,39%.

O erro para a corrente apresenta um valor considerável de 24,28%, mas, vale ressaltar que a diferença entre o valor medido pelo amperímetro de bancada e pelo protótipo é de 17.86mA.

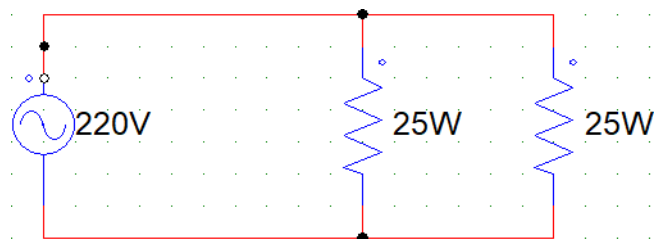
Como não havia equipamentos de medição para a potência, utilizando o valor teórico para comparação, o erro foi de 58,05%, vale ressaltar também que apesar de tal porcentagem, a diferença entre as medições apenas 7,28W.

A causa desses valores um pouco exorbitantes nas diferenças de medição de corrente e potência, deu-se pelo fato de que os valores não são contínuos, eles variam ao longo do tempo e para chegar em tais valores é necessário realizar o cálculo da média, obtendo assim um único valor à título de comparação.

### III. 2 Lâmpadas em Paralelo

Na Figura 30 pode-se visualizar o circuito de acionamento das cargas resistivas em paralelo.

Figura 30 – Acionamento 2 Lâmpadas em Paralelo



Fonte: PSIM.

Considerando o valor da resistência em  $R = 1936\Omega$ , calcula-se o valor teórico de corrente e potência.

$$I = \frac{U}{\frac{R}{2}}$$

$$\text{Substituindo os valores: } I = \frac{220}{1936/2}$$

$$I = \frac{220}{968}$$

$$I = 0,227A$$

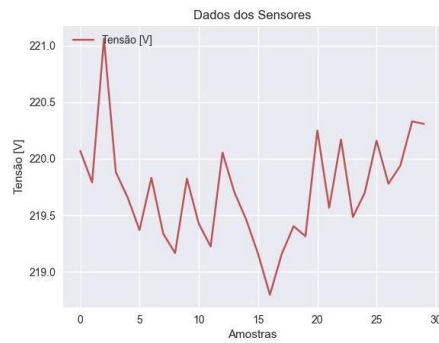
Utilizando os valores na Fórmula do cálculo de potência:

$$P = 220 * 0,227$$

$$Pt = 49,94W$$

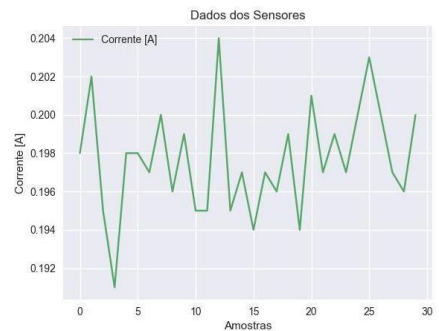
Os gráficos gerados pelo streaming de dados podem ser visualizados nas Figuras 31, 32, 33, respectivamente, tensão, corrente e potência.

**Figura 31 – Tensão 2 Lâmpadas em Paralelo**



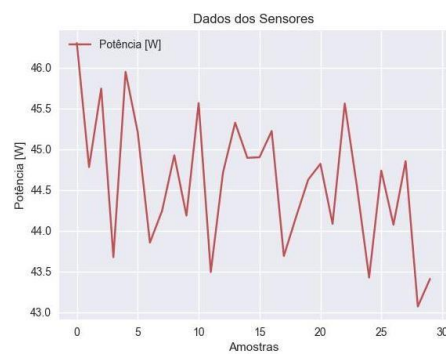
Fonte: PyCharm

**Figura 32 – Corrente 2 Lâmpadas em paralelo**



Fonte: PyCharm

**Figura 33 – Potência 2 Lâmpadas em paralelo**



Fonte: PyCharm

Utilizando os valores calculados acima, bem como os valores lidos pelo protótipo e pelos equipamentos de medição, pode-se comparar o resultados. A visualização desses dados pode ser feita na Tabela 4. Os valores exibidos nessa tabela são resultados de uma média do intervalo de medições.

Tabela 4 – Comparação dos valores para 2 Lâmpadas em Paralelo.

|          | Equipamentos de medição | Teórico | Protótipo |
|----------|-------------------------|---------|-----------|
| Tensão   | 223V                    | 220V    | 219,71V   |
| Corrente | 0,205A                  | 0,227A  | 0,197A    |
| Potência | -                       | 49,94W  | 44,44W    |

Fonte: Aatoria Própria.

O erro na medição de tensão nesse cenário foi de 1,47%, ressaltando que o valor medido pelo protótipo está bem próximo do valor teórico da rede que é de 220V.

A corrente apresenta um erro de medição de 3,9%, ressaltando que a diferença entre os valores é de 0,008mA.

Considerando o valor teórico de potência, a porcentagem de erro é de 11,01%, ressaltando que a diferença nos valores de medição é de apenas 5,5W.

## 5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A construção do protótipo deu-se com alguns imprevistos, como sensores descalibrados e defeituosos, mas nada tão considerável de modo a afetar de forma significativa o desenvolvimento. No decorrer do processo de estudo, algumas alterações de *software* foram necessárias, para atender à proposta do trabalho, bem como, melhorar a aquisição dos dados e realizar o streaming de forma correta e facilitada.

Analisando os valores de porcentagem de erros nas medições, pode-se concluir que, a considerável diferença no valor médio de corrente e potência, deu-se pelo fato de que, os valores de corrente, por serem ondas senoidais, variam ao longo do tempo, logo, por vezes, o valor medido pelo protótipo chegou bem próximo ao valor medido pelo amperímetro de bancada, mas, pela média, não foi possível chegar nesse valor, causando uma porcentagem maior de erro na medição de corrente, e, conseqüentemente, na potência.

Apesar disso, pode-se analisar que esse erro ocorre com maior frequência no experimento (II), onde as lâmpadas estão em série. O fato é que, o sensor de corrente opera melhor e mais precisamente em valores mais altos de correntes, para valores menores de corrente ele apresenta um erro maior, em decorrência do ruído que tende a ser atenuado pelo capacitor, mas, não totalmente.

Contudo, pode-se notar que o protótipo se mostrou funcional como uma alternativa à medição de corrente e tensão em tempo real, bem como o *streaming* dos dados para plotar o gráfico das amostras.

Conclui-se que, o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho foram atendidos, apesar da faixa de erro em algumas medições, pois, o protótipo foi desenvolvido de forma satisfatória, no que diz respeito ao *hardware*, e coletou com sucesso os dados de tensão, corrente e potência, através do *software*, e realizou a plotagem dos gráficos através do streaming de dados em rede local. No que diz respeito às medições, o protótipo se mostrou satisfatório, pelas variações chegarem próximas aos valores lidos pelos equipamentos.

Como proposta de aprimoramento, pode-se incluir mais sensores, para analisar instalações trifásicas, o desenvolvimento de uma tela interativa, onde o usuário possa, além de visualizar gráficos, observar de uma forma mais didática tais valores, bem como adicionar cálculos relacionados ao consumo diário, ou semanal.

## REFERÊNCIAS

- AGNOL, Cleiton dal. **COMPARAÇÃO ENTRE MICROCONTROLADORES E APLICAÇÃO DO FPGA NO CONTROLE DO CONVERSOR BOOST**. 2018. 115 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Unifacvest, Lages, SC, 2018. Disponível em <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/6929b-dal-agnol,-c.-comparacao-entre-microcontroldores-e-aplicacao-do-fpga-no-controle-do-conversor-boost.-tcc,-2018..pdf> Acesso em: 17 nov. 2021.
- ALUGAGERA. **O que é potência Ativa, Reativa e Aparente?** 2019. Disponível em: <https://alugagera.com.br/noticias/potencia-ativa-reativa-aparente>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- SAMED, Márcia Marcondes Altimari. Fundamentos de instalações elétricas. 1. ed. Curitiba, InterSaberes, 2017BRITO, Jaqueline Joice. **COMPUTAÇÃO EM NUVEM E PROCESSAMENTO MASSIVO DE DADOS: Conceitos, tecnologias e aplicações**. São Paulo: Usp, [201-]. 68 slides, color. Disponível em: <http://wiki.icmc.usp.br/images/9/9e/SCC0542012017desafiosBigDataa.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- Caragliu, A.; Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82. <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-33. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>.
- Disponível em <https://ieeexplore-ieee.org.ez291.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9529441>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- CARVALHO, Daniel José de. **Métodos de previsão de consumo de energia elétrica residencial em grande volume de dados**. 2019. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: [https://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2135/1/tcc\\_danieljos%C3%A9decarvalho.pdf](https://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2135/1/tcc_danieljos%C3%A9decarvalho.pdf). Acesso em: 09 nov. 2021.
- CERIPA. **Energia ativa e reativa**. 2009. Disponível em: <http://www.ceripa.com.br/Manual%20Reativo.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.



- DEMETRAS, Ezequiel. **SCT-013 - SENSOR DE CORRENTE ALTERNADA COM ARDUINO**. 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- ELÉTRICA, Blecaute Instalação e Manutenção. **Rede elétrica e seus problemas**. 2014. Disponível em: <http://www.eletricistaemcuritiba.com.br/wp-content/uploads/2014/03/blecaute-services-subtensoes-e-sobretensoes.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2022.
- FERREIRA, Thiago Luiz Salles Barros. **Determinação de Potência e Aquisição de Dados utilizando Arduino**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.
- GUPTA, Anisha *et al.* IoT based power efficient system design using automation for classrooms. **2015 Third International Conference On Image Information Processing (Iciip)**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 285-289, dez. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iciip.2015.7414782>.
- FORTES, Márcio Zamboti *et al.* Análise da adoção de medidores inteligentes como instrumento da política pública de eficiência energética. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 316-327, maio 2017.
- GASPAR, Larissa. **Protocolo TCP/IP: o que é e como funciona**. 2021. Disponível em: <https://www.hostgator.com.br/blog/o-que-e-protocolo-tcp-ip/>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- GIRARDI, Greyci. **Por que monitorar o consumo de energia elétrica?** 2019. Disponível em: <https://www.way2.com.br/blog/monitorar-consumo-de-energia/>. Acesso em: 15 nov. 2021
- GRAÇA, Prof. Cláudio. **Corrente Elétrica (Eletrodinâmica)**. 2012. Disponível em: [http://coral.ufsm.br/cograca/graca5\\_1.pdf](http://coral.ufsm.br/cograca/graca5_1.pdf). Acesso em: 22 fev. 2022.
- GUPTA, Anisha; GUPTA, Punit; CHHABRA, Jasmeet. IoT based power efficient system design using automation for classrooms. **Ieeexplore**, Wagnaghat, India, v. 3, n. 4, p. 285-289, dez. 2015. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez291.periodicos.capes.gov.br/document/7414782>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- JUNIOR, Vilmar Abreu. **Sistemas Distribuídos**. 201?. Acesso em: 25 fev. 2022.
- KUROISHI, Alex Makoto. **Projeto e desenvolvimento de um medidor de fator de potência com Arduino UNO e ARM Cortex-M4FMO**n. 2018. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018. Acesso em: 22 fev. 2022.

LEMES, Prof. Andryos da Silva. **APOSTILA DE ELETRICIDADE BÁSICA**. 2015. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/4/47/ApostilaEB2.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

**LOPEZ RESEARCH LLC**. São Francisco, Ca: Lopez Research, 2013. Disponível em: [https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez\\_research\\_an\\_introduction\\_to\\_iiot\\_102413\\_final\\_portuguese.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez_research_an_introduction_to_iiot_102413_final_portuguese.pdf). Acesso em: 23 dez. 2021.

MAESTRELLI, Giovani Andrey; NAPOLEÃO, Guilherme Szemczak. **SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL**. 2018. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

MATTEDE, Henrique. **O que são sensores e quais as suas aplicações?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 23 dez. 2021

OLIVEIRA, Fernanda Fernandes de *et al.* **Simulação de sensor tensão corrente para aplicações em IoT**. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/352955241\\_Simulacao\\_de\\_sensor\\_tensao\\_corrente\\_para\\_aplicacoes\\_em\\_IoT](https://www.researchgate.net/publication/352955241_Simulacao_de_sensor_tensao_corrente_para_aplicacoes_em_IoT). Acesso em: 16 nov. 2021.

OLIVEIRA, Fernanda Fernandes de; TINTO, Lívia Stefany da Silva. **CONCEITOS BÁSICOS SOBRE IOT**. Cajazeiras: Instituto Federal da Paraíba - Campus Cajazeiras, 2020.

OLIVEIRA, José Miguel Rocha Valente. **Desenvolvimento de um sistema IoT com comunicação via App/Cloud para monitorização de uma cama médica**. 2021. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2021. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/132691/2/447538.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

PORTAL SOLAR. **Corrente Elétrica Contínua e Alternada (CC e CA)**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/corrente-eletrica-continua-cc-alternada-ca>. Acesso em: 21 fev. 2022.

SANTOS, Fernando Afonso. **Comunicação entre processos**. 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~fsantos/ECO036/comunicacao-Sockets.pdf>. Acesso em 22 mar. 2022.

SANTOS, Leonardo de Sá Leal. **SISTEMA DE COMUNICAÇÃO USB COM MICROCONTROLADOR**. 2009. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

- Disponível em: <https://docplayer.com.br/3877382-Sistema-de-comunicacao-usb-com-microcontrolador.html>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- SOUZA, David José. Desbravando o PIC: Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A. 8ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Érica, 2005. Disponível em: [https://kupdf.net/download/desbravando-o-pic-ampliado-e-stualizado-para-pic-16f628a-david-j-souza-pdf\\_59f52912e2b6f5a92e06f157\\_pdf](https://kupdf.net/download/desbravando-o-pic-ampliado-e-stualizado-para-pic-16f628a-david-j-souza-pdf_59f52912e2b6f5a92e06f157_pdf) . Acesso em: 17 nov. 2021.
- SOUZA, Flávio R. C. *et al.* **Gerenciamento de Dados em Nuvem: Conceitos, Sistemas e Desafios.** Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/download/18/81/167-1?inline=1>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- SILVA, Cristiano. **Socket TCP.** Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/socket-tcp/>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- SOUZA, Aliny Nayara Pereira; RAIZER, Anna Karolina Baasch; PIONTKEWICZ, Rodrigo José. **PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE MONITORAÇÃO MONOFÁSICO IOT PARA CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL.** 2021. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2021. Acesso em: 25 fev. 2022.
- SOLUTIONS, Active Cloud. **Dados na Nuvem: como funcionam e quais as vantagens?** 2019. Disponível em: <https://activecs.com.br/dados-na-nuvem/>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- TEDESCO, Kennedy. **Uma introdução a TCP, UDP e Sockets.** 2019. Disponível em: <https://www.treinaweb.com.br/blog/uma-introducao-a-tcp-udp-e-sockets>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- USP. **POTÊNCIAS NA REDE DE ENERGIA.** Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840834/59/Aprpotparte1.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- USINAINFO. **Sensor de Tensão AC Zmpt101b / Voltímetro Arduino.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-tensao-arduino/sensor-de-tensao-ac-zmpt101b-voltimetro-arduino-5658.html>. Acesso em: 22 dez. 2021.

**APÊNDICE A – Código IDE Arduino para a leitura dos sensores no ESP32**

```
/*#include "EmonLib.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
```

```
#define VOLT_CAL 83.5
```

```
EnergyMonitor emon1;
```

```
EnergyMonitor emon2;
```

```
double zmpt = 4;
```

```
double sct = 0;
```

```
double fase;
```

```
double Irms;
```

```
void setup(){
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  emon1.voltage(zmpt, VOLT_CAL, 1.7);
```

```
  emon2.current(sct, 1.362);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
  emon1.calcVI(60, 2000);
```

```
  fase = emon1.Vrms;
```

```
  Irms = emon2.calcIrms ( 1480 );
```

```
  Serial.print("Tensão medida na rede AC: ");
```

```
  Serial.print(fase);
```

```
  Serial.println("V");
```

```
  Serial.print("Corrente medida na rede AC: ");
```

```
  Serial.print(Irms);
```

```
  Serial.println("A");
```

```
  delay(1000);
```

```
*/
```

```
#include <WiFi.h>
#include "EmonLib.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA

#define VOLT_CAL 83.5

EnergyMonitor emon1;
EnergyMonitor emon2;

double zmpt = 4;
double sct = 0;
double fase;
double Irms;

//const char* ssid = "brisa-833058";
//const char* password = "swj2i7j7";

const char* ssid = "GalaxyTab";
const char* password = "teste123";

const uint16_t port = 8090;
const char * host = "192.168.236.143";

short measureIndex = 0;
unsigned long lastMeasurement = 0;
unsigned long timeFinishedSetup = 0;
short measurements[30];

void setup()
{

  Serial.begin(115200);

  emon1.voltage(zmpt, VOLT_CAL, 1.7);
```

```
emon2.current(sct, 1.362);

connectToWiFi();
}

void loop()
{
  emon1.calcVI(60, 2000);
  fase = emon1.Vrms;
  Irms = emon2.calcIrms ( 1480 );

  Serial.print("Tensão medida na rede AC: ");
  Serial.print(fase);
  Serial.println("V");
  Serial.print("Corrente medida na rede AC: ");
  Serial.print(Irms);
  Serial.println("A");
  delay(100);

  connectToWiFi();
  delay(100);

  sendData(fase); //fase ou Irms
  delay(100);

  WiFi.mode(WIFI_OFF);
  delay(100);
}

void connectToWiFi(){
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    delay(500);
```

```
    Serial.println("...");
}

Serial.print("WiFi connected with IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void sendData(float value){

    WiFiClient client;

    if (!client.connect(host, port)) {

        Serial.println("Connection to host failed");

        delay(1000);
        return;
    }

    Serial.println("Connected to server successful!");

    //client.print("Hello from ESP32!");
    client.print(int(value*100));

    //client.flush();
    //Serial.println("Disconnecting...");
    //client.stop();
}
```

## APÊNDICE B – Código do streaming de dados em Python

```
import socket
import matplotlib.pyplot as plt #tratamento gráfico
import matplotlib as mpl      #tratamento gráfico
from numpy import size

s = socket.socket()

s.bind(('0.0.0.0', 8090))
s.listen(0)

dataSensor = []

#tratamento dos gráficos
plt.figure()
plt.ion()
plt.show()

def plot(variable):
    if variable == "voltage":
        mpl.style.use('seaborn')
        plt.cla()
        plt.plot(dataSensor, 'C2', label='Tensão [V]')
        plt.legend(loc='upper left')
        plt.xlabel('Amostras')
        plt.ylabel('Tensão [V]')
        plt.title('Dados dos Sensores')
        plt.pause(0.1)
    if variable == "current":
        mpl.style.use('seaborn')
        plt.cla()
        plt.plot(dataSensor, 'C1', label='Corrente [A]')
        plt.legend(loc='upper left')
        plt.xlabel('Amostras')
        plt.ylabel('Corrente [A]')
        plt.title('Dados dos Sensores')
        plt.pause(0.1)
    if variable == "power":
        mpl.style.use('seaborn')
        plt.cla()
        plt.plot(dataSensor, 'C2', label='Potência [W]')
        plt.legend(loc='upper left')
        plt.xlabel('Amostras')
        plt.ylabel('Potência [W]')
        plt.title('Dados dos Sensores')
        plt.pause(0.1)

cont = 0

while cont < 30:

    client, addr = s.accept()

    while True:
        content = client.recv(32)

        if len(content) == 0:
```



```
        break

    else:

        print(float(content)/1000.0)
        dataSensor.append(float(content)/1000.0)

        plot("voltage") #current or voltage or power
        cont = cont + 1

print("Fim da coleta de dados!")
plt.waitforbuttonpress()
plt.savefig('fig.jpg')

#print("Closing connection")
#client.close()
```

Anexo 1 – Transmissão e plotagem de gráficos em tempo real

<https://youtube.com/shorts/VVSvMU41JIk?feature=share>

<https://youtube.com/shorts/l4oc5x4mWYg?feature=share>

<https://youtube.com/shorts/HpepNt7sG8E?feature=share>

## Documento Digitalizado Restrito

### Entrega do TCC

**Assunto:** Entrega do TCC  
**Assinado por:** Fernanda Oliveira  
**Tipo do Documento:** Anexo  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Restrito  
**Hipótese Legal:** Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda Fernandes de Oliveira, ALUNO (201712030025) DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - CAJAZEIRAS**, em 14/09/2022 13:14:10.

Este documento foi armazenado no SUAP em 16/09/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 626959

Código de Autenticação: e87eb9d961

