

**SENAI**

**“MARIANO FERRAZ”**

**Curso Eletroeletrônica**

**CARLOS ALEXANDRE**

**MARCUS PAULO**

**RENATO RODRIGUES**

**RICHARD FABRICIO**

**ROSELENE L. DA SILVA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MOTORES ELÉTRICOS**

**SÃO PAULO**

**2021**

**CARLOS ALEXANDRE**

**MARCUS PAULO**

**RENATO RODRIGUES**

**RICHARD FABRICIO**

**ROSELENE L. DA SILVA**

## **SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MOTORES ELÉTRICOS**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso Técnico em 2021  
do SENAI “MARIANO FERRAZ”  
Leopoldina orientado pelo professor  
Eduardo Felix como requisito parcial  
para obtenção em técnico em  
ELETROELETRONICA.**

**SÃO PAULO**

**2021**

## RESUMO

O sistema de manutenção de motores elétricos é uma ideia que consiste em ajudar os usuários a acompanhar: temperatura, tensão, corrente, vibrações, pelo uso do “BLYNK” um aplicativo que ajudara no andamento do protótipo, sendo ele de fácil acesso a todos, com o uso do wifi. Acompanhando o avanço da Indústria 4.0, decidimos criar um projeto que atua como uma das tecnologias essenciais por meio de sensores implantados nas máquinas. Os dados coletados podem ser enviados ao app, para que a performance da produção traga impactos positivos também para a gestão da empresa.

## **SUMMARY**

The maintenance system for electric motors is an idea that consists of helping users to monitor temperature, voltage, current, vibrations, by using "BLYNK", an application that will help in the progress of the prototype, as it is easily accessible to everyone, with the use of wifi. Following the advance of Industry 4.0, we decided to create a project that acts as one of the essential technologies through sensors implanted in the machines. The collected data can be sent to the app, so that production performance can also bring positive impacts to the company's management.

## LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
a	Aceleração
°C	Celsius
PCI	Placa de Circuito impresso
CI	Circuito integrado
F	Frequência
GHz	Giga-hertz
Hz	Hertz
I	Corrente elétrica
KW	Quilowatt
MHz	Mega hertz
Mw	Megawatt
PWM	Pulse Width Modulation
Q	Carga
T	Tempo
USB	Universal Serial Bus
V	Volts
v	Velocidade
W	Watts
$\Omega$	Ohms
$\Delta t$	Variação de temperatura
Vout	Tensão de saída

## SUMARIO

RESUMO .....	3
SUMMARY .....	4
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
1.4 JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1. PROBLEMÁTICA.....	11
2.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO .....	11
2.8. MONITORAMENTO DE PARÂMETROS .....	16
2.9. PARÂMETRO DE VIBRAÇÃO .....	16
2.10. PARÂMETRO DE CORRENTE ELÉTRICA.....	17
2.11. PARÂMETRO DE TEMPERATURA.....	17
2.12. PARAMETRO DE TENSÃO .....	19
2.13. MONITORAMENTO OBJETIVO .....	20
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. MATERIAIS.....</b>	<b>21</b>
3.1.1 ESP32.....	21
3.1.2 SENSOR DE VIBRAÇÃO.....	22
3.1.3 SENSOR DE CORRENTE .....	23
3.1.4 Convertendo sinal de tensão ac para dc .....	27
3.1.5. SENSOR DE TENSÃO .....	30
3.1.7. Calibração da forma de onda do sensor pelo trimpot: .....	31
3.1.8 Calibração da forma de onda do sensor pelo código: .....	33
3.1.9 SENSOR DE TEMPERATURA.....	34
3.1.11 FONTE .....	35
3.1.12 Cálculo.....	36
3.1.13 Lista dos materiais utilizados.....	38
3.1.14 Esquemático do circuito montado no Proteus.....	39
<b>4 ORÇAMENTO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES .....</b>	<b>39</b>
<b>5 CIRCUITO ELÉTRICO .....</b>	<b>41</b>
<b>6. FLUXOGRAMA .....</b>	<b>41</b>
<b>7. PCI.....</b>	<b>42</b>
<b>8. MOTOR UTILIZADO PARA A ANÁLISE .....</b>	<b>44</b>

<b>9. METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
<b>10. CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE A - Programação da ESP32.....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICE B - Dados da serial.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE C - Corrente e tensão do motor usados no aplicativo.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE D - Teste funcional do sensor sct-013 e análise do sinal com o osciloscópio .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE E - Circuito sct-013 em protoboard .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE F - Dados do motor usado para testes.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE G - Testes funcionais com o zmpt-101b .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE D – Diário de bordo.....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blynk (Interface do app .....	12
Figura 2- Blynk (Interface do app .....	12
Figura 3- Configuração do aplicativo .....	13
Figura 4 - Interface do Blynk.....	14
Figura 5- Verificação de tensão .....	15
Figura 6- Verificação de corrente .....	15
Figura 7- verificação do watt.....	15
Figura 8- Verificação do kwt .....	15
Figura 9- Imagem temperatura externa de um motor.....	17
Figura 10- Fechamento em 220/440 V.....	20
<i>Figura 11- Fechamento em 380/760 V.....</i>	<i>20</i>
Figura 12- ESP32 .....	21
Figura 13 – Sensor piezoeléctrico .....	22
Figura 14- Sensor SCT 013.....	23
Figura 15- Estrutura interna do sensor:.....	23
Figura 16- Sensor sem resistor.....	24
Figura 17- Sinal na saída do SCT013 para um valor de corrente eficaz de 100A .....	25
Figura 18- Sensor com resistor .....	26
Figura 19- Sinal de Tensão.....	27
Figura 20- Sinal de tensão.....	28
Figura 21- Circuito divisor de tensão .....	28
Figura 22- Circuito de offset .....	29
Figura 23- Leitura de sinal analógico .....	29
Figura 24- Circuito .....	30
Figura 25- Sensor AC ZMPT101B .....	30
Figura 26- Osciloscópio .....	31
Figura 27- Teste com Variac .....	32
Figura 28- Teste com multímetro.....	32
Figura 29- Osciloscópio, forma de onda .....	32
Figura 30- Dados da serial .....	34
Figura 31- Coleta de dados no multímetro.....	34
Figura 32- Sensor de temperatura .....	34
Figura 33- Regulador de tensão.....	36
Figura 34- Esquema do circuito montado em Proteus.....	39



<b>Figura 35- Circuito elétrico.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 36- Fluxograma .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 37- Placa de circuito impresso, imagem frontal.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 38- Placa de circuito impresso, imagem posterior .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 39- Placa de circuito impresso, projeção .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 40- Motor utilizado para análise .....</b>	<b>44</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1- Limite de temperatura de acordo com a NBR 7094.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 2- Dados do motor utilizado.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 3- Valores comerciais de resistores .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 4- Lista de matérias utilizados .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 5- Lista de matérias utilizados .....</b>	<b>39</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Os motores elétricos são indispensáveis no setor industrial, com a necessidade de converter energia elétrica em mecânica.

Tendo em vista o crescimento das pequenas empresas em diversos setores da produção industrial, alguns fatores (como o controle dos gastos com a manutenção dos equipamentos) são essenciais para que se mantenham no mercado e atinjam seus objetivos produtivos. Seja a empresa uma pequena, média ou grande produtora, a manutenção e o monitoramento desses equipamentos são de extrema importância, pois podem evitar desperdícios e aumentar a lucratividade.

Motores elétricos são essenciais para o funcionamento de grande parte dos equipamentos. Na indústria, os motores CA trifásicos costumam ser mais usados, pois comparados com outros tipos de motores, os motores CA trifásicos. Na manutenção desses motores, é necessário considerar fatores externos, como possíveis causas de falha, sobrecorrente, superaquecimento e outros motivos que afetam o processo de produção, bem como o funcionamento e a vida útil do motor.

Para melhorar o estado do equipamento, esses parâmetros devem ser monitorados. Toda empresa precisa de um sistema de monitoramento contínuo para melhor controlar o processo e melhorar sua competitividade.

Neste trabalho, um sistema de baixo custo foi desenvolvido para monitorar continuamente os parâmetros de temperatura, tensão, corrente e vibração de um motor monofásico utilizando a plataforma ESP-32 e o aplicativo Blynk para acesso remoto.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo é obter melhor eficiência na detecção de falhas, eliminar perdas, aumentar vida útil, diminuir quebras e tornar a manutenção mais eficiente e seria de fácil aplicação e de muita utilidade.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Monitorar falhas em motores monofásicos;
- Realizar coleta de dados dos sensores e apresentar no aplicativo Blynk;

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

A máquina desliga por falta de manutenção, além do custo do conserto do equipamento. Utilizando a manutenção prescritiva. Use a análise de vibração, monitoramento de temperatura e circulação de corrente nos enrolamentos do motor para verificar, use componentes de baixo custo para implantar e use software de monitoramento e armazenamento de dados.

Além disso, melhora e ajuda na manutenção prescritiva, pois o sistema envia dados dos sensores para o Blynk, gerando gráficos de variáveis de temperatura, corrente e vibração. Aumentando assim sua disponibilidade de produção.

A detecção precoce de possíveis falhas em máquinas industriais é essencial para aumentar a vida útil e a confiabilidade do equipamento. A detecção e o diagnóstico de falhas são itens importantes para evitar paralisações não planejadas e altos custos operacionais. Pois há grandes chances de evitar perdas de motores em fabricas.

Existem muitas técnicas para diagnosticar falhas em motores de indução trifásicos, tais como: monitoramento por vibração, emissão acústica, campo magnético, temperatura, pulso de choque, flutuação de velocidade, assinatura elétrica e rádio frequência. Essas técnicas podem ser usadas em conjunto com ferramentas que podem ser usadas para monitoramento para aumentar a disponibilidade do equipamento e prolongar a vida útil do equipamento.

## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **2.1. PROBLEMÁTICA**

Os motores elétricos estão presentes na maior parte dos processos industriais como fresa, furadeiras, esteiras entre outras máquinas, assim estão vulneráveis a falhas mecânicas e elétricas, já que seu uso é frequente, podendo acarretar quebras repentinas, paradas de produção e gastos não previstos.

### **2.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO**

Nosso projeto tem como base monitorar motores com ajuda de sensores com auxílio de um aplicativo (Blynk). Este serviço é baseado em um aplicativo personalizável que

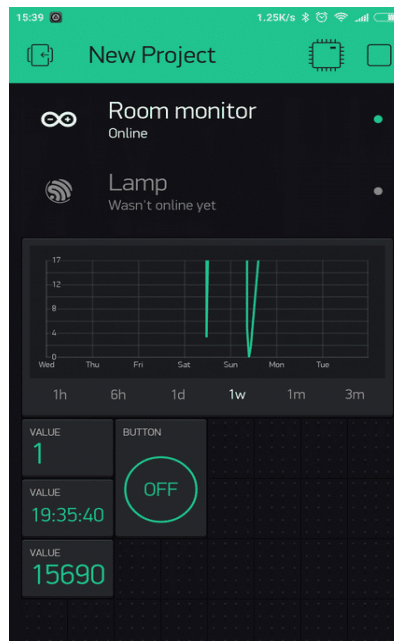
permite controlar remotamente um hardware programável, bem como reportar dados do hardware ao aplicativo.

Figura 1 - Blynk (Interface do app



Fonte: <https://devmesh.intel.com/projects/blynk>

Figura 2- Blynk (Interface do app



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>

## Blynk: Controle Mobile

Neste projeto foi construído um aplicativo voltado ao monitoramento de motores elétricos como monofásico, bifásico e trifásico pela ESP32, para desenvolvimento do código foi utilizado o software do Arduino IDE, com a inclusão necessário para interação da ESP32 e o Blynk a **biblioteca Blynk.h**

Para incluir a biblioteca a IDE, em **Sketch >> Incluir Biblioteca >> Adicionar Biblioteca.ZIP**.

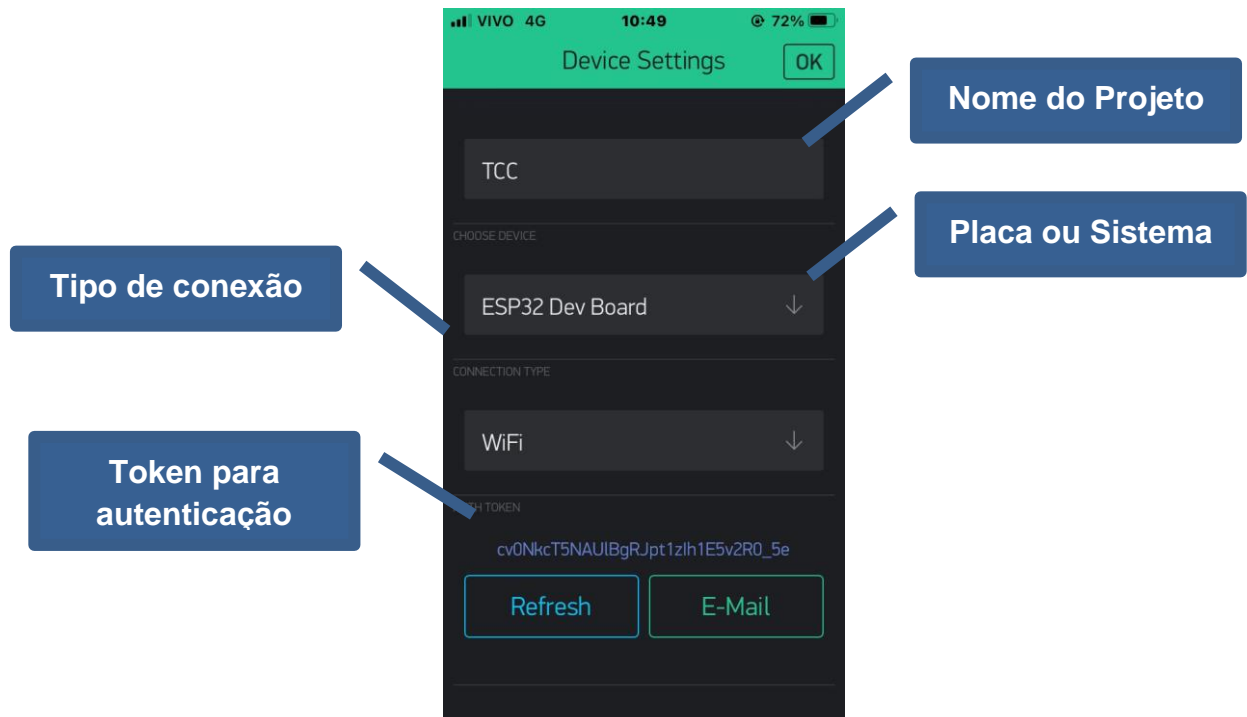
Figura 3- Configuração do aplicativo



Interface do app

Instalado também no dispositivo móvel o aplicativo do **Blynk**, para utilização remota, inclusão do token de autenticação para conexão (responsável por estabelecer a comunicação entre o ESP32 e o software Blynk, inserido na programação) e, escolha do tipo de sistema/placa que será controlado pelo software, que nesse caso foi utilizado a "ESP32 Dev Board"

Figura 4 - Interface do Blynk



Fonte: Imagem do autor

Após todas as configurações na interface gráfica e adicionado o dashboard que é um painel visual contendo as informações, é feita a conexão da ESP-32 ao aplicativo Blynk, onde a ESP-32 faz a leitura em tempo real dos valores elétricos e importa as informações ao Blynk para visualização de forma remota dos parâmetros do motor.

Figura 5- Verificação de tensão



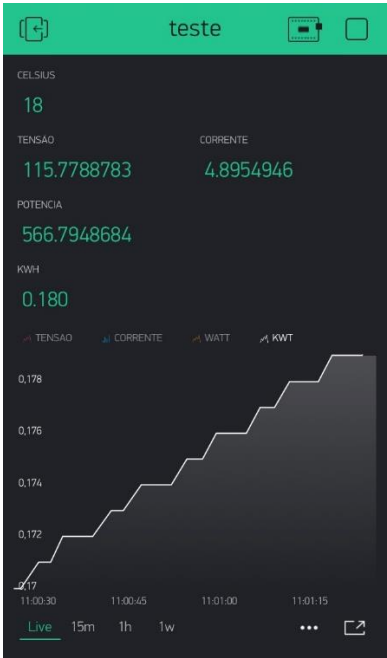
Figura 6- Verificação de corrente



Figura 7- verificação do watt



Figura 8- Verificação do kwt



Fonte: Imagens do autor

## **2.8. MONITORAMENTO DE PARÂMETROS**

Para aumentar a vida útil de motores elétricos é indispensável o acompanhamento de variáveis que impactam diretamente no seu funcionamento. A análise contínua dos parâmetros de vibração, corrente, temperatura e tensão tornam-se fundamentais para diagnosticar possíveis falhas em motores elétricos.

Foi construído em plataforma usando a ESP32 com conexão a uma rede WIFI, e integrado a um sensor de corrente alternada, um sensor de tensão alternada e um sensor de temperatura e vibração. Um app recebe software dedicado hospeda a interface necessária, através um sistema de monitoramento preditivo de falhas para motores trifásicos com análise de variáveis em tempo real com aplicação direta em máquinas, utilizando uma rede de sensores, supervisionada por um microcontrolador, que gerencia a aquisição dos dados e transmissão via rede de comunicação para um app dedicado a análise e identificação de possíveis desvios de comportamento do motor. Um desvio de comportamento está correlacionado a um potencial tipo de falha, onde o software através de recursos gráficos permite ao responsável pela manutenção que proceda de forma planejada o processo de manutenção da máquina sem prejuízo significativo na produção.

## **2.9. PARÂMETRO DE VIBRAÇÃO**

A vibração resulta em transmissão de forças excessivas no equipamento muitas vezes não previsto, causando desgaste prematuro em diversos componentes do mesmo. O monitoramento e análise de vibração faz parte do método preditivo de manutenção que é considerado um dos mais importantes para a conservação do equipamento através de deslocamento, velocidade e aceleração, usando o valor de pico a pico, podendo detectar tantas falhas mecânicas (desbalanceamento, desalinhamento, folgas mecânicas e etc.) como falhas elétricas (barra de rotor quebras, desbalanço de tensão e etc.), muito antes que haja a parada da máquina.



## 2.10. PARÂMETRO DE CORRENTE ELÉTRICA

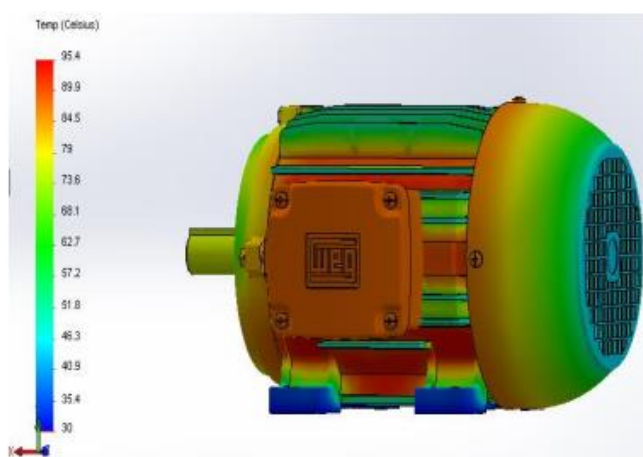
O monitoramento contínuo da corrente elétrica em motores trifásicos especificamente no estator é uma maneira de prevenir esse tipo de falhas enviando alertas ou desligando o circuito automaticamente quando uma quantidade extra de corrente flui no circuito

## 2.11. PARÂMETRO DE TEMPERATURA

Um fator determinante para a vida útil de um motor é a temperatura do seu enrolamento, na Figura 9 é possível observar as isotermas de aquecimento de um motor elétrico. A temperatura elevada por um longo período de tempo danifica o seu isolamento, causando um curto entre as bobinas (GONÇALEZ, 2007).

Um componente muito utilizado é o relé térmico, dispositivo mecânico atua pelo princípio dos bimetais, eficiente, porém o acompanhamento da temperatura interna através do software se mostra mais eficiente (GONÇALEZ, 2007).

Figura 9- Imagem temperatura externa de um motor



Fonte: Catálogo WEG

Existe uma classe de especificação de isolamento térmico do equipamento, ou seja, é a máxima temperatura que o bobinado do motor suporta sem alterar sua característica.

Segundo a WEG os motores comercializados pela empresa são padronizados em três classes de isolamento, sendo elas respectivamente, B, F e H. Na classe B o bobinado suporta até 135 °C, classe F até 150 °C e na classe H até 180 °C, considerando a temperatura ambiente em média 40 °C. Comparando as classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1, são as seguintes: Classe A (105 °C) Classe E (120 °C) Classe B (130 °C) Classe F (155 °C) Classe H (180 °C)

A temperatura do ponto mais quente do enrolamento deve ser mantida abaixo do limite da classe. A temperatura total vale a soma da temperatura ambiente com a elevação de temperatura  $\Delta t$  mais a diferença que existe entre a temperatura média do enrolamento e a do ponto mais quente.

Tabela 1- Limite de temperatura de acordo com a NBR 7094

Classe	Temperatura (°C)
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

A alta temperatura no enrolamento do motor por um longo período de tempo prejudica de forma irreversível o seu isolamento. Com o aquecimento gerado a camada de verniz que protege todo o enrolamento de cobre rompe causando curto-circuito entre as bobinas.

A condição de uso depende exclusivamente da vida útil do sistema de isolamento dos enrolamentos. Se considerarmos um aumento de 8 a 10 °C acima do limite da classe térmica na temperatura do sistema de isolamento pode reduzir a vida útil do enrolamento pela metade, conforme NBR 7094.

Tabela 2- Dados do motor utilizado

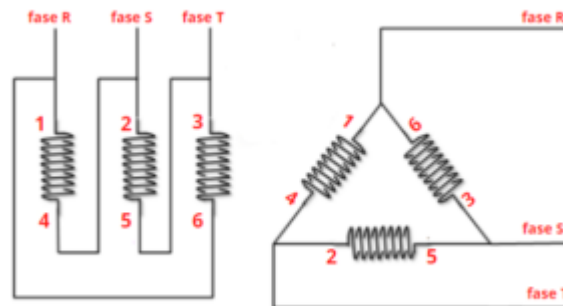
<b>Tensão nominal</b>	127/220 V
<b>Potência</b>	1/2 CV
<b>Frequência nominal</b>	60Hz
<b>Corrente nominal</b>	7,7/3,4 A
<b>Velocidade nominal</b>	1610 rpm
<b>AFS</b>	1,15
<b>Isolação</b>	F
<b>Polos</b>	4

## 2.12. PARAMETRO DE TENSÃO

**“A tensão aplicada ao motor pode influenciar significativamente o desempenho de um motor de indução trifásico. Se a tensão é inferior à nominal, deve-se aumentar a corrente para manter o mesmo torque. Portanto, as perdas Joule aumentam”. PDF - Sistema de detecção e diagnostico de falhas em motores elétricos de indução utilizando logica fuzzy.**

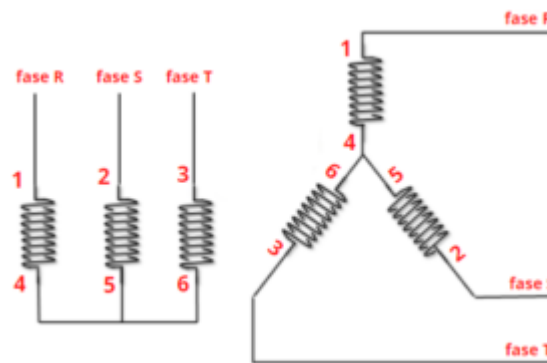
**“Se a tensão é superior à nominal, as perdas por histerese e correntes parasitas de Foucault aumentam. Pode causar a saturação do motor  
Tensões desbalanceadas causam a circulação de correntes desbalanceadas que provocam o aumento das perdas nos enrolamentos do motor e aquecimento do núcleo, reduzindo sua vida útil.” PDF - Sistema de detecção e diagnostico de falhas em motores elétricos de indução utilizando logica fuzzy.**

Figura 10- Fechamento em 220/440 V



Fonte: <http://concursandoeletrica.com.br/fechamento-de-motores-trifasicos-de-6-terminais/>

Figura 11- Fechamento em 380/760 V



Fonte: <http://concursandoeletrica.com.br/fechamento-de-motores-trifasicos-de-6-terminais/>

## 2.13. MONITORAMENTO OBJETIVO

Utiliza-se de um conjunto de equipamentos ou instrumentos especiais para realizar o monitoramento, com objetivo de fornecer os valores de medição do parâmetro que está sendo analisado (KARDEC E NASCIF, 2015). Para obter êxito nesse tipo de monitoramento fatores como profissional qualificado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi necessário utilizar diferentes dispositivos, sendo eles a plataforma ESP32, Módulo Sensor de Toque e Vibração Piezoelétrico, sensor de corrente SCT-013, sensor de tensão ZMPT101B e sensor de temperatura LM35. Além dos sensores foi empregado nos testes em laboratório um motor elétrico monofásico. Para validar as medições foram utilizados aparelhos de medição como o osciloscópio e multímetro.

#### 3.1. MATERIAIS

##### 3.1.1 ESP32

A ESP32, assim como o Arduino, é uma placa de desenvolvimento. Isso significa que ela possui todos os recursos que você precisa para criar seus projetos.

Figura 12- ESP32



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth/>

A placa ESP32 DevKitC funciona de forma semelhante a um Arduino Uno, mas tem mais recursos e capacidades superiores. O ESP32 tem WiFi e Bluetooth integrados, enquanto o Arduino Uno não. Ele também tem uma memória maior e uma velocidade de clock mais rápida. Você ainda pode usar o IDE do Arduino para programá-lo instalando a placa ESP32 no gerenciador de placas do IDE. A alimentação dessa placa pode ser feita através do próprio conector USB (5,0V) ou então através do pino VIN.

### 3.1.2 SENSOR DE VIBRAÇÃO

Foi utilizado no projeto um módulo sensor de toque e vibração piezoelétrico.

Figura 13 – Sensor piezoelétrico



Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/drum-simulate-piezoelectric-sensor-analog-ceramic-vibration-sensor-module-piezoelectricity-for-diy-kit-62269773706.html>

O Módulo Piezoelétrico Sensor de Vibração e Toque tem a capacidade de informar a extensão da vibração detectadas com ondas ultrassônicas e consiste na capacidade de alguns cristais gerarem corrente elétrica por resposta a uma pressão mecânica. . Quando a pastilha piezo é pressionada, uma tensão elétrica é gerada e o pino analógico da plataforma microcontrolada vai ler e enviar a informação para o aplicativo Blynk, mostrando gráficos facilitando na visualização.

### 3.1.3 SENSOR DE CORRENTE

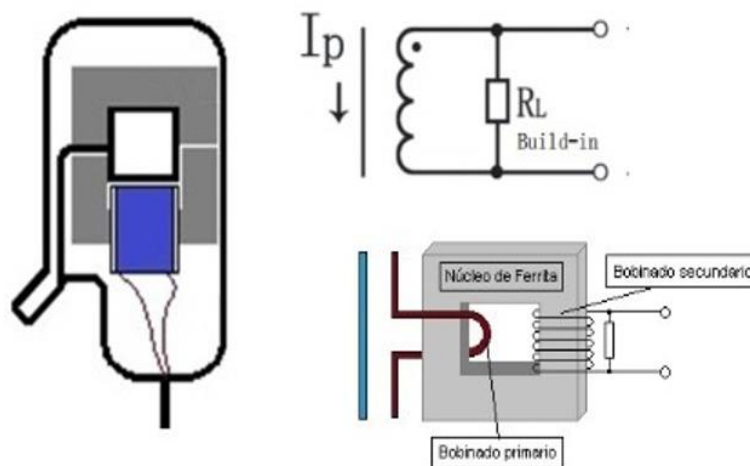
O sensor SCT 013 utilizado no projeto é um sensor não invasivo com capacidade para medição de corrente até 100 A. Como qualquer outro transformador, este sensor possui um enrolamento primário, um núcleo magnético e um enrolamento secundário.

Figura 14- Sensor SCT 013



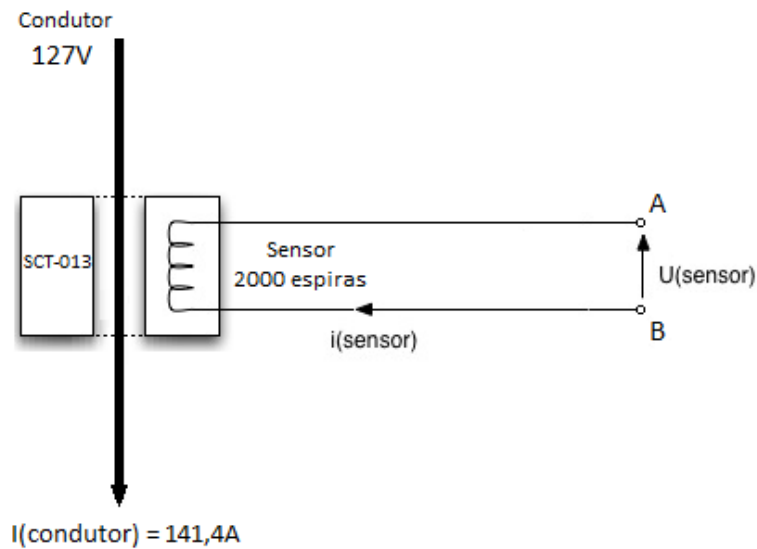
Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-corrente-nao-invasivo-100a-sct-013/>

Figura 15- Estrutura interna do sensor:



Fonte: <https://github.com/afonsohfontes/SmartMeters>

Figura 16- Sensor sem resistor



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>

Então, temos que a corrente de pico máxima medida é de 141.4A:

$$i \text{ (medido)} = \sqrt{2} * i \text{ (rms)} = 1,414 * 100A = 141,4 \text{ A}$$

*Sensor de 100A*

$$I_{peak} = 100A * \sqrt{2} = 141,4A$$

Sabendo que para uma corrente de 100A no primário, ele produz 50mA no secundário, é só jogarmos na fórmula de relação de transformação. O resultado será:

$$N1 / N2 = I2 / I1$$

I1 = corrente no primário (corrente a ser medida);

I2 = corrente no secundário;

N1 = número de voltas do primário (no caso deste sensor, N1 será igual a 1);

N2 = número de voltas do secundário.



N2 = 2000 espiras.

A corrente na saída do sensor é inversamente proporcional ao número de espiras, no caso do SCT-013 são 2000 espiras:

$$i(\text{sensor}) = i(\text{peak}) / \text{numero\_de\_espiras} = 141,4\text{A} / 2000 = 0,0707\text{A}$$

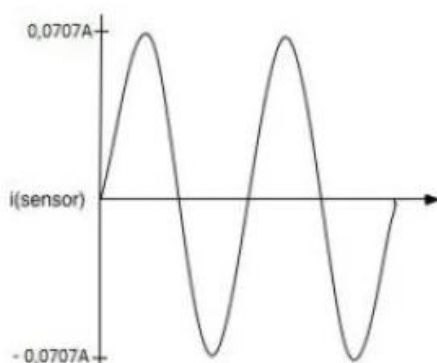
### Fórmula de relação e transformação

#### Corrente no secundário do TC

$$I_s = \frac{I_{peak}}{n_e} = \frac{141,4}{2000} = 0,0707\text{A}$$

Teremos na saída do sensor o sinal da corrente induzida semelhante ao da figura a seguir:

Figura 17- Sinal na saída do SCT013 para um valor de corrente eficaz de 100A



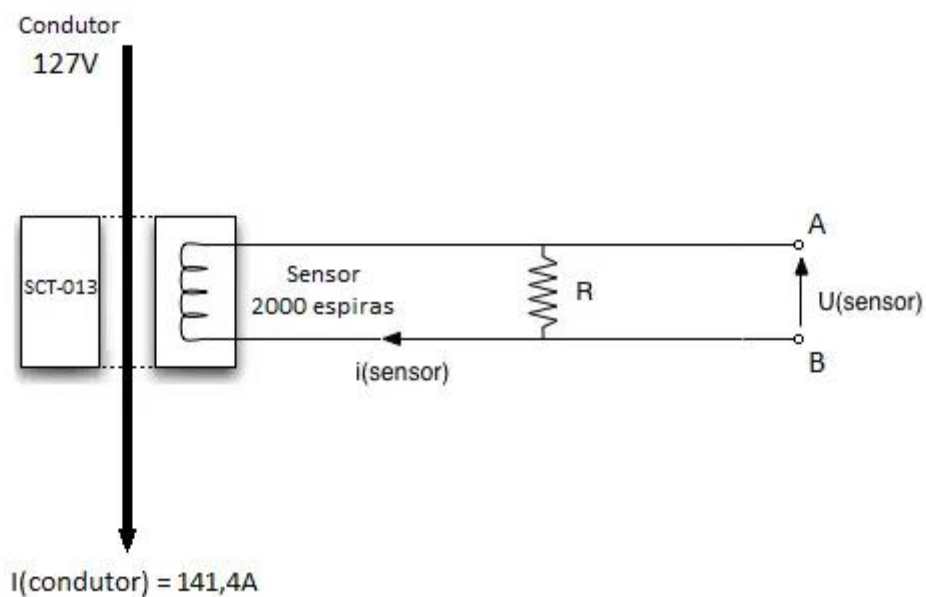
Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>

Com o valor de corrente máxima fornecida no secundário, será dimensionado o circuito externo, que é composto por divisor de tensão e resistor de carga.

– Transformando corrente em tensão – Calculando a resistência de carga

A ESP32 só realiza, em seus pinos de entrada analógica, a leitura de níveis de tensão (entre 0V e 3.3V). Dessa forma, precisamos converter o sinal de corrente alternada do SCT-013 para um valor de tensão que seja legível para o ESP32. O primeiro passo é adicionar um resistor de carga entre os polos do sensor de corrente:

Figura 18- Sensor com resistor



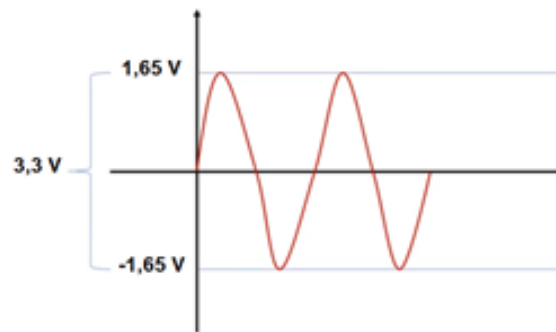
Fonte: Imagem do autor

Como a corrente alterna em torno de zero, vamos escolher um resistor que de na saída um valor máximo de tensão de 1,65V.

$$R(\text{carga}) = U(\text{sensor})/I(\text{sensor}) = 1,65\text{V} / 0,0707\text{A} = 23,33 \, \Omega$$

O resistor de carga ideal é de 23,33  $\Omega$  para uma corrente de até 100A, nesse caso utiliza-se o resistor de 22 $\Omega$ . Dessa forma teremos o seguinte sinal de tensão sobre o resistor de carga:

Figura 19- Sinal de Tensão



Forma de onda

O motor que estaremos utilizando possui uma corrente que não ultrapassa 25A, e para melhor resolução do sinal foi calculado um resistor de carga para que possamos medir uma corrente de 30A.

Dessa forma, podemos considerar que nossa corrente máxima 30A. Logo:

$$i(\text{sensor}) = i(\text{medido}) / \text{número de espiras} = 42,42 / 2000 = 0,02121\text{A}$$

$$R(\text{carga}) = U(\text{sensor}) / i(\text{sensor}) = 1,65\text{V} / 0,02121\text{A} = 77,79\Omega$$

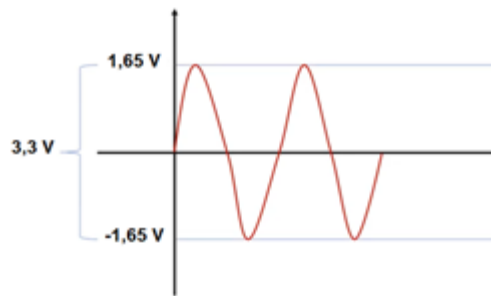
Portanto, para nosso projeto adotamos o resistor de 82Ω.

Ou seja, você pode calcular o resistor ideal para a faixa de operação que você precisa. Se for motor para 100A, você pode adotar o de 33Ω, se for de 10A você pode usar um resistor de 330Ω.

#### 3.1.4 Convertendo sinal de tensão ac para dc

Agora temos um sinal de tensão alternada variando entre 1,65V positivo e 1,65 negativo. A ESP32 não pode medir tensão negativa, então precisamos somar 1,65V ao sinal para que ele varie 0V a 3.3V.

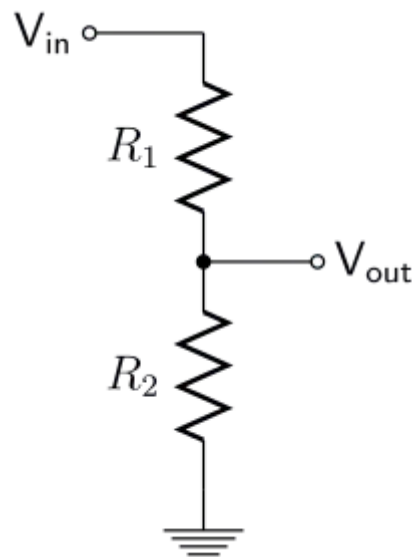
Figura 20- Sinal de tensão



Sinal de tensão

O primeiro passo para isso é montar um divisor de tensão usando a alimentação de 1,65V que o circuito de alimentação fornece no caso 3.3v. Assim, consideramos  $R_1$  e  $R_2$  iguais a  $10k\Omega$ , e com isso, a tensão sobre eles será igual, pois os 3.3V provenientes do circuito de alimentação se dividirá igualmente entre eles.

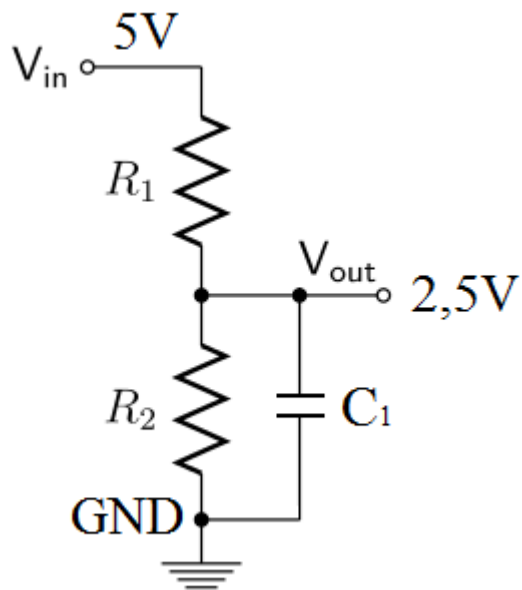
Figura 21- Circuito divisor de tensão



Fonte: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>

Em seguida adicionamos um capacitor 25V 10uF entre o GND e a saída de 1,65V no meio do divisor de tensão:

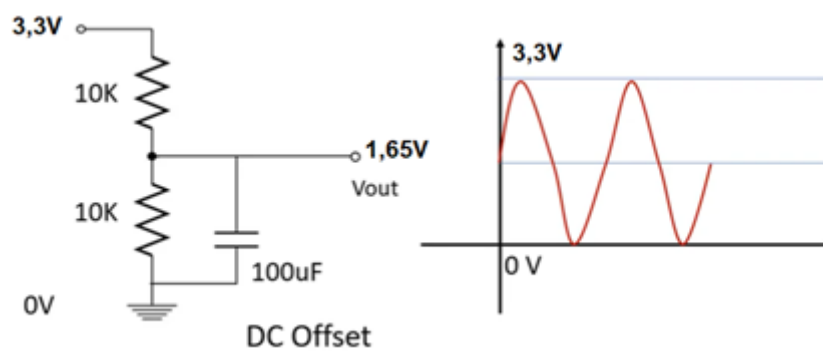
Figura 22- Circuito de offset



<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>

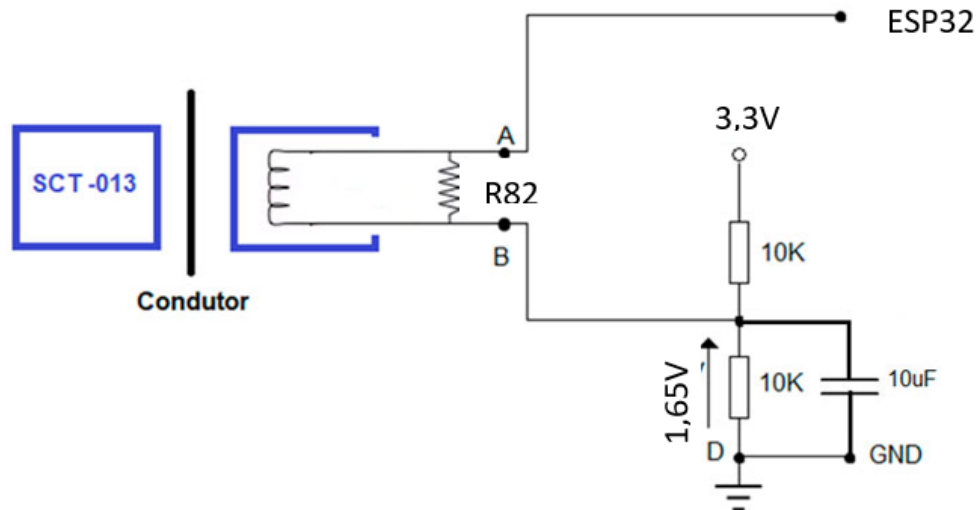
Podemos notar que na saída do circuito (pontos Vout e GND) o ESP 32 poderá ler o sinal analógico de 0 a 3.3V.

Figura 23- Leitura de sinal analógico



O circuito ficará desta forma:

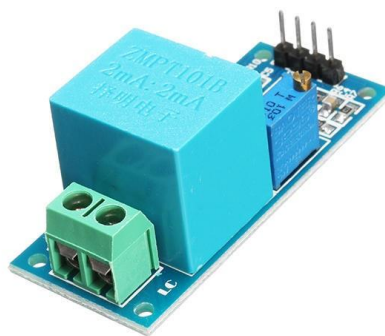
Figura 24- Circuito



### 3.1.5. SENSOR DE TENSÃO

O Sensor de Tensão AC ZMPT101B utilizado é um módulo que tem como finalidade detectar se existe tensão alternada em um circuito ou medir o valor de uma tensão.

Figura 25- Sensor AC ZMPT101B



<https://cdn.awsli.com.br/300x300/95/95881/produto/56146531/eeff7d98c0.jpg>

Esse módulo é possível de ser utilizado em algum sistema de automação, pois ele pode informar se uma lâmpada está acesa/apagada ou um motor está

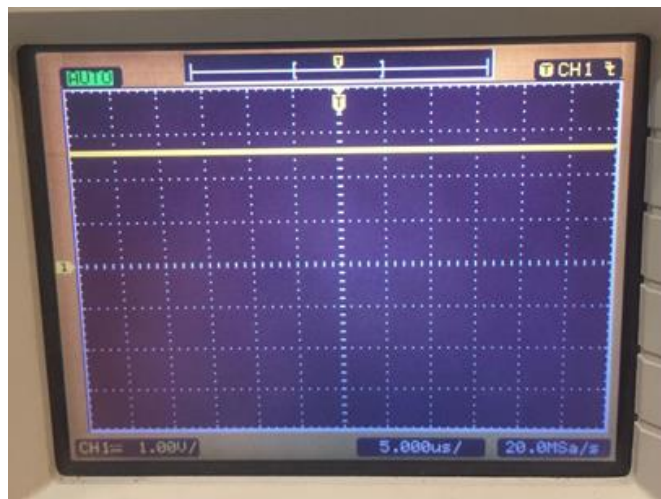
ligado/desligado e, também, informar o valor da tensão no circuito (como um voltímetro). Esse medidor pode ser implementado por plataformas, como o Arduino ou a ESP32.

### 3.1.7. Calibração da forma de onda do sensor pelo trimpot:

Para que a ESP-32 possa ter o máximo de precisão nas medições de tensão AC, é necessário fazer a calibração da forma de onda na saída do sensor a partir de um osciloscópio.

Com o uso do osciloscópio, é possível ver a forma da onda e através do trimpot que se encontra no sensor, fazer o ajuste da forma de onda para que a mesma fique o mais próximo possível de uma senoide.

Figura 26- Osciloscópio



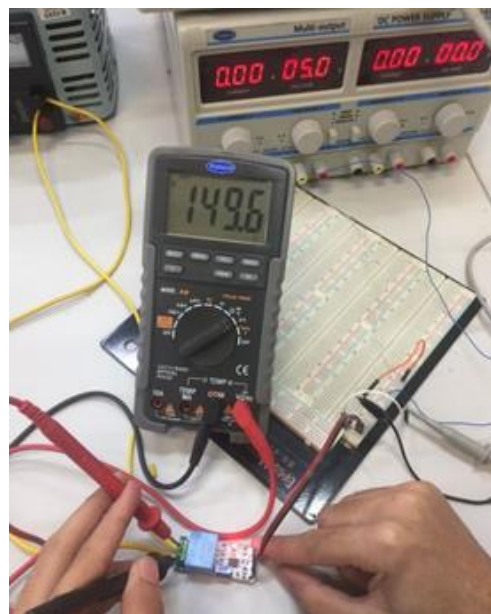
Fonte: Imagem do autor

Quando não há tensão de entrada de energia AC o sinal de saída do modulo fica em um offset como referência do sinal de 2,5 VDC.

Figura 27- Teste com Variac



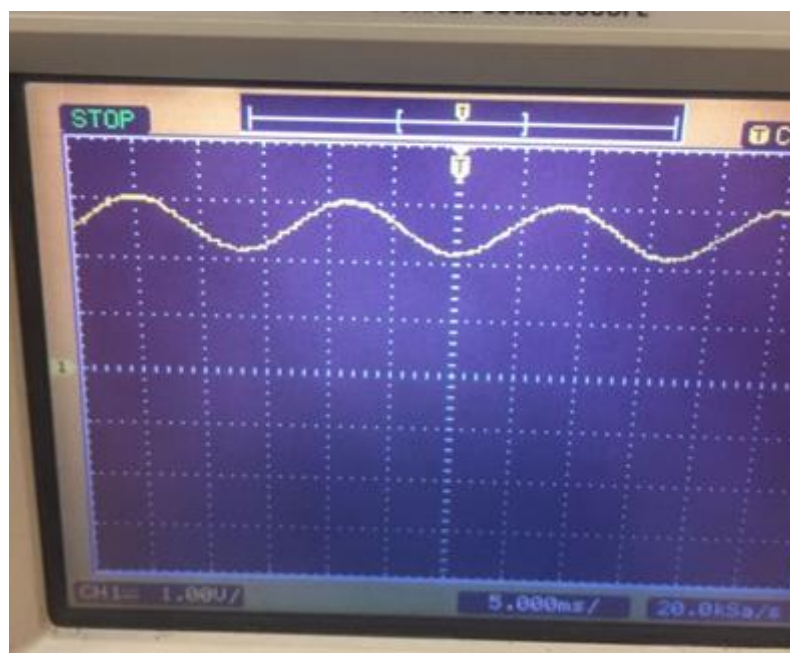
Figura 28- Teste com multímetro



Fonte: Imagem do autor

Quando aplicada uma tensão de entrada AC no circuito ele libera um valor de sinal x nos pinos de saída.

Figura 29- Osciloscópio, forma de onda



Fonte: Imagem do autor



Em teste quando aplicada uma tensão de 149,6 VCA na entrada o valor na saída teve uma variação de 500mV de tensão de pico, e 1Vpp tensão de pico a pico, sempre que variar a tensão alternada varia o sinal de saída proporcionalmente também.

### 3.1.8 Calibração da forma de onda do sensor pelo código:

No código há a variável de calibração VOLT\_CAL. Esta variável tem como função fazer uma compensação no cálculo, pois os componentes utilizados na construção de cada sensor podem ter valores um pouco diferente do especificado (considerando a tolerância do componente).

No código, a variável VOLT\_CAL está com o valor de 211.6, contudo, pode ser necessário alteração dela para um valor menor ou maior. Isto depende do valor de tensão AC que será apresentado no monitor serial do ambiente de programação do Arduino.

```
1 #include "EmonLib.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
2
3 #define VOLT_CAL 211.6 //VALOR DE CALIBRAÇÃO (DEVE SER AJUSTADO EM PARALELO COM UM MULTÍMETRO)
4
5 EnergyMonitor emon1; //CRIA UMA INSTÂNCIA
6
7 void setup(){
8   Serial.begin(9600); //INICIALIZA A SERIAL
9   emon1.voltage(2, VOLT_CAL, 1.7); //PASSA PARA A FUNÇÃO OS PARÂMETROS (PINO ANALÓGICO / VALOR DE CALIBRAÇÃO / MUDANÇA DE FASE)
10 }
11
12 void loop(){
13   emon1.calcVI(17,2000); //FUNÇÃO DE CÁLCULO (17 SEMICICLOS, TEMPO LIMITE PARA FAZER A MEDIÇÃO)
14
15   float supplyVoltage = emon1.Vrms; //VARIÁVEL RECEBE O VALOR DE TENSÃO RMS OBTIDO
16
17   Serial.print("Tensão medida na rede AC: "); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
18   Serial.print(supplyVoltage, 0); //IMPRIME NA SERIAL O VALOR DE TENSÃO MEDIDO E REMOVE A PARTE DECIMAL
19   Serial.println("V"); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
20   delay(1000);
21 }
```

Após efetuar o primeiro carregamento do código no Arduino e verificar os valores de tensão apresentados na medição, com o multímetro, inserido na rede AC para medir a tensão e em seguida feito o ajuste do valor de VOLT\_CAL até que conseguir uma medição no monitor serial, próxima da medição mostrada pelo multímetro.

Figura 30- Dados da serial

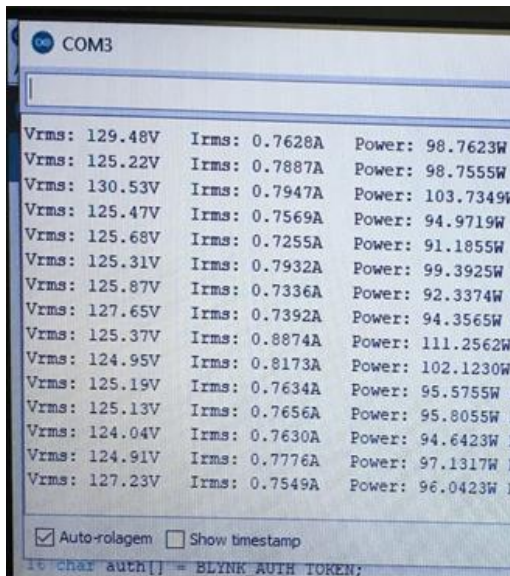


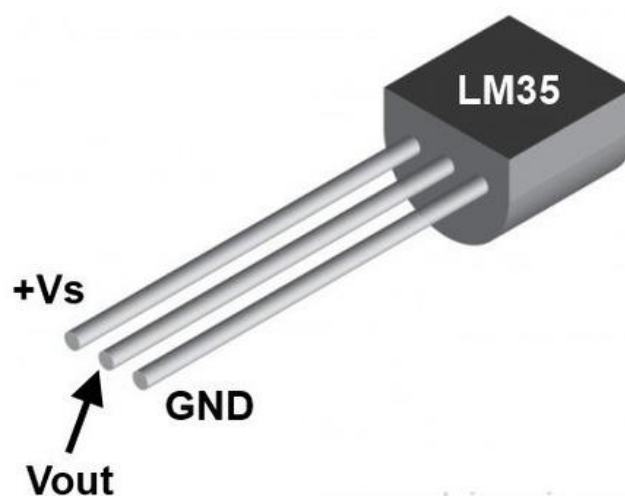
Figura 31- Coleta de dados no multímetro



### 3.1.9 SENSOR DE TEMPERATURA

O Sensor de Temperatura LM35, apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele se encontrar no momento em que for alimentado por uma tensão e em sua saída um sinal variável de 10mV para cada grau celsius de temperatura.

Figura 32- Sensor de temperatura



<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1729848465-sensor-de-temperatura-lm35-lm35dz-arduino-automaco- JM>

Este sensor de temperatura produz um sinal de tensão que varia 10mV para cada °C, sendo que ele é capaz de operar em uma escala de temperatura que pode variar entre -55°C até 150°C.

A proximidade entre o resultado medido e o verdadeiro valor do sinal produzido pode variar de + -0,4°C até + -1,5°C. Vale a pena destacar que a precisão do LM35 varia conforme as condições de tensão, corrente e temperatura. Essas informações podem ser encontradas no datasheet do dispositivo.

$$10\text{mV} = 1^{\circ}\text{C}$$

Ele opera entre -55°C a +150°C. Possuindo assim, um range de 205.

No nosso projeto, ele é alimentado com uma tensão de 5V

### **3.1.11 FONTE**

Dimensionamento da entrada de alimentação

O projeto necessita de dois níveis de tensão diferente para alimentação dos sensores e placa de desenvolvimento ESP 32.

Sendo níveis de tensão 5V para ESP32 e os sensores ZMPT101B, LM35.E 3.3V para o circuito do sensor SCT-013 e o Piezoelétrico.

Para suprir essas necessidades no circuito, foram dimensionados 2 reguladores de tensão ajustável. Com o intuito de ter somente um nível de tensão na entrada que fornece dois níveis de tensão para o circuito.

O regulador de tensão utilizado foi o LM317T com o encapsulamento TO-220.

Especificação:

Tensão de entrada, 3 V – 40 V

Tensão de saída, 1.25 V – 37 V

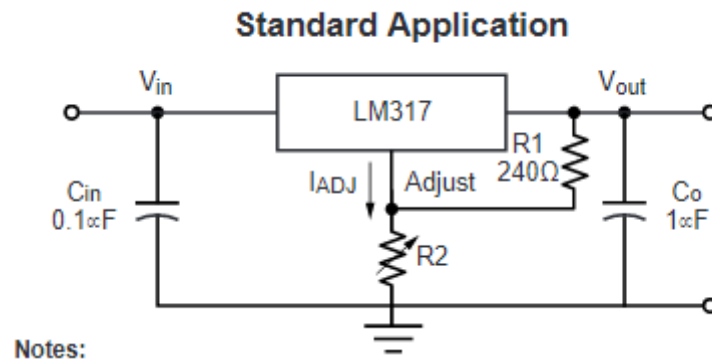
Temperatura de operação, 0 °C – 125 °C

Corrente máxima de saída, 1,5A

### 3.1.12 Cálculo

Com base na típica aplicação do fabricante:

Figura 33- Regulador de tensão



[https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1638795362609&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.ca%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1638795362609&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.ca%252F)

Foi utilizado a seguinte formular:

$V_{out}$  is calculated as:

$$V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

VOUT = Tensão de saída;

Vref = 1,25V tensão consumida pelo componente (fornecido pelo fabricante);

R1 e R2 = Resistores do divisor de tensão;

**Cálculo para 5V na saída com base na fórmula:**

$$5V = 1.25V(1 + R2/240) =$$

$$5V/1.25 = 1 + R2/240$$

$$-1 + 4V = R2/240$$

$$240 \cdot 3V = R2$$

$$R2 = 720 \text{ ohms}$$

O circuito do divisor foi recalculado para obter o valor comercial resistor mais próximo

$$5V = 1.25V(1+390/R1)$$

$$5V/1.25=1+R2/240$$

$$-1+4V=390/R1$$

$$390/3V=R1$$

$$R1=130 \text{ ohms}$$

Serão utilizados um resistor  $R1=130 \text{ ohms}$  e  $R2=390 \text{ ohms}$  para o divisor do circuito de 5V.

**Cálculo para 3.3v na saída com base na fórmula:**

$$3.3V = 1.25V(1+R2/240) =$$

$$3.3V/1.25=1+R2/240$$

$$-1+2,64V=R2/240$$

$$240 * 1,64 = R2$$

$$R2=393 \text{ ohms}$$

Serão utilizados um resistor  $R1=240 \text{ ohms}$  e  $R2=390 \text{ ohms}$  para o divisor do circuito de 3.3V.

Foram utilizados valores de resistência aproximadas na tabela de resistores comerciais

Tabela 3- Valores comerciais de resistores

Valores Comerciais de Resistores								
5% Resistores de Filme de Carbono								
Tabela de Valores Comerciais								
1,0 $\Omega$	10 $\Omega$	100 $\Omega$	1 K $\Omega$	10 K $\Omega$	100 K $\Omega$	1 M $\Omega$	10 M $\Omega$	
1,1 $\Omega$	11 $\Omega$	110 $\Omega$	1,1 K $\Omega$	11 K $\Omega$	110 K $\Omega$	1,1 M $\Omega$	15 M $\Omega$	
1,2 $\Omega$	12 $\Omega$	120 $\Omega$	1,2 K $\Omega$	12 K $\Omega$	120 K $\Omega$	1,2 M $\Omega$	22 M $\Omega$	
1,3 $\Omega$	13 $\Omega$	130 $\Omega$	1,3 K $\Omega$	13 K $\Omega$	130 K $\Omega$	1,3 M $\Omega$		
1,5 $\Omega$	15 $\Omega$	150 $\Omega$	1,5 K $\Omega$	15 K $\Omega$	150 K $\Omega$	1,5 M $\Omega$		
1,6 $\Omega$	16 $\Omega$	160 $\Omega$	1,6 K $\Omega$	16 K $\Omega$	160 K $\Omega$	1,6 M $\Omega$		
1,8 $\Omega$	18 $\Omega$	180 $\Omega$	1,8 K $\Omega$	18 K $\Omega$	180 K $\Omega$	1,8 M $\Omega$		
2,0 $\Omega$	20 $\Omega$	200 $\Omega$	2 K $\Omega$	20 K $\Omega$	200 K $\Omega$	2 M $\Omega$		
2,2 $\Omega$	22 $\Omega$	220 $\Omega$	2,2 K $\Omega$	22 K $\Omega$	220 K $\Omega$	2,2 M $\Omega$		
2,4 $\Omega$	24 $\Omega$	240 $\Omega$	2,4 K $\Omega$	24 K $\Omega$	240 K $\Omega$	2,4 M $\Omega$		
2,7 $\Omega$	27 $\Omega$	270 $\Omega$	2,7 K $\Omega$	27 K $\Omega$	270 K $\Omega$	2,7 M $\Omega$		
3,0 $\Omega$	30 $\Omega$	300 $\Omega$	3 K $\Omega$	30 K $\Omega$	300 K $\Omega$	3 M $\Omega$		
3,3 $\Omega$	33 $\Omega$	330 $\Omega$	3,3 K $\Omega$	33 K $\Omega$	330 K $\Omega$	3,3 M $\Omega$		
3,6 $\Omega$	36 $\Omega$	360 $\Omega$	3,6 K $\Omega$	36 K $\Omega$	360 K $\Omega$	3,6 M $\Omega$		
3,9 $\Omega$	39 $\Omega$	390 $\Omega$	3,9 K $\Omega$	39 K $\Omega$	390 K $\Omega$	3,9 M $\Omega$		
4,3 $\Omega$	43 $\Omega$	430 $\Omega$	4,3 K $\Omega$	43 K $\Omega$	430 K $\Omega$	4,3 M $\Omega$		
4,7 $\Omega$	47 $\Omega$	470 $\Omega$	4,7 K $\Omega$	47 K $\Omega$	470 K $\Omega$	4,7 M $\Omega$		
5,1 $\Omega$	51 $\Omega$	510 $\Omega$	5,1 K $\Omega$	51 K $\Omega$	510 K $\Omega$	5,1 M $\Omega$		
5,6 $\Omega$	56 $\Omega$	560 $\Omega$	5,6 K $\Omega$	56 K $\Omega$	560 K $\Omega$	5,6 M $\Omega$		
6,2 $\Omega$	62 $\Omega$	620 $\Omega$	6,2 K $\Omega$	62 K $\Omega$	620 K $\Omega$	6,2 M $\Omega$		
6,8 $\Omega$	68 $\Omega$	680 $\Omega$	6,8 K $\Omega$	68 K $\Omega$	680 K $\Omega$	6,8 M $\Omega$		
7,5 $\Omega$	75 $\Omega$	750 $\Omega$	7,5 K $\Omega$	75 K $\Omega$	750 K $\Omega$	7,5 M $\Omega$		
8,2 $\Omega$	82 $\Omega$	820 $\Omega$	8,2 K $\Omega$	82 K $\Omega$	820 K $\Omega$	8,2 M $\Omega$		
9,1 $\Omega$	91 $\Omega$	910 $\Omega$	9,1 K $\Omega$	91 K $\Omega$	910 K $\Omega$	9,1 M $\Omega$		

[https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finstcesarprado.blogspot.com%2F2013%2F09%2Fvalores-comerciais-de-resistores.html&psig=AOvVaw1DFbdm9NYF\\_e3gDqitA9Ew&ust=1639053778715000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjRxqFwoTCMDhuJWd1PQCFQAAAAAdAAA AABAX](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finstcesarprado.blogspot.com%2F2013%2F09%2Fvalores-comerciais-de-resistores.html&psig=AOvVaw1DFbdm9NYF_e3gDqitA9Ew&ust=1639053778715000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjRxqFwoTCMDhuJWd1PQCFQAAAAAdAAA AABAX)

### 3.1.13 Lista dos materiais utilizados

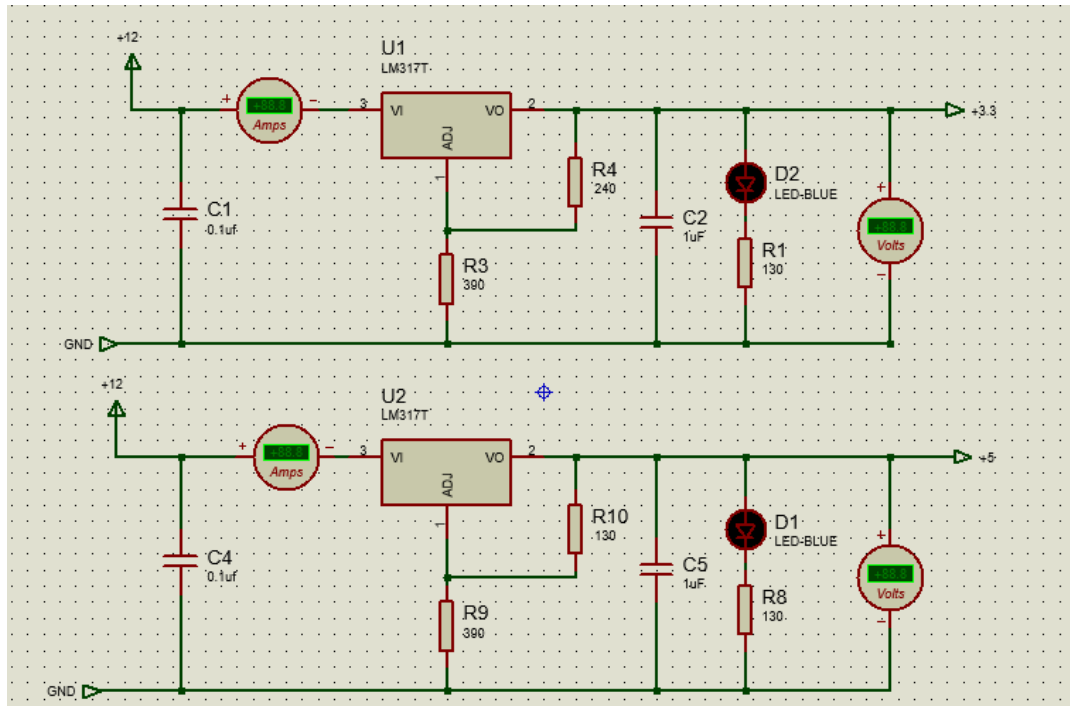
Tabela 4- Lista de matérias utilizados

Componentes	Descrição	Quantidade
Regulador de tensão	LM317T	2
Capacitor	Capacitor eletrolítico 50v/1uF	2
Capacitor	Capacitor eletrolítico 50v/0.1uF	2
Resistor	Resistor 390R 5% (1 / 4W)	2
Resistor	Resistor 330R 5% (1 / 4W)	1
Resistor	Resistor 240R 5% (1/4W)	1
Resistor	Resistor 130R 5% (1/4W)	2
LED	LED Difuso 5mm Vermelho	2

### 3.1.14 Esquemático do circuito montado no Proteus

\*Os capacitores foram adicionados com base nos dados do fabricante.

Figura 34- Esquema do circuito montado em Proteus



Desenvolvido no software Proteus

## 4 ORÇAMENTO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES

Tabela 5- Lista de matérias utilizados

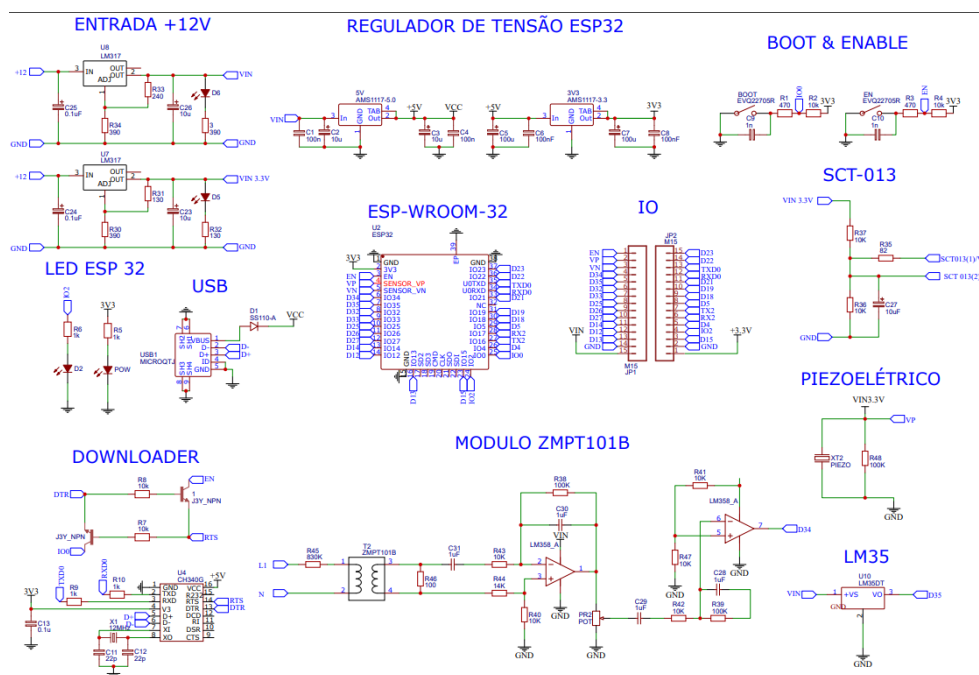
Descrição	Item	Unidade	Valor
Placa de desenvolvimento	Esp32	1	R\$61,90
Sensor de tensão	Zmpt101b	2	R\$74,40
Sensor de corrente AC	Sct-013-000	2	R\$122,90
Sensor de vibração	Piezoeléctrico	1	R\$27,39
Sensor de temperatura	Lm35	1	R\$25,40

Resistor	Resistor 33 ohms 1/4w 5%	2	R\$0,25
Resistor	Resistor 100 ohms 1/4w 5%	2	R\$0,25
Resistor	Resistor 10K 1/4w 5%	4	R\$0,24
Capacitor	Capacitor 25V 10uF	2	R\$0,28
Capacitor	Capacitor eletrolítico 50v/1uF	2	R\$ 0,30
Capacitor	Capacitor eletrolítico 50v/0.1uF	2	R\$ 0,80
Resistor	Resistor 390R 5% (1 / 4W)	2	R\$ 0,15
Resistor	Resistor 330R 5% (1 / 4W)	1	R\$ 0,10
Resistor	Resistor 240R 5% (1/4W)	1	R\$ 0,10
Resistor	Resistor 130R 5% (1/4W)	2	R\$ 0,15
LED	LED Difuso 5mm Vermelho	2	R\$ 0,50
dissipador	Dissipador de Calor para Componente TO220	2	R\$ 3,00
<b>Total</b>			<b>322,11</b>



## CIRCUITO ELÉTRICO

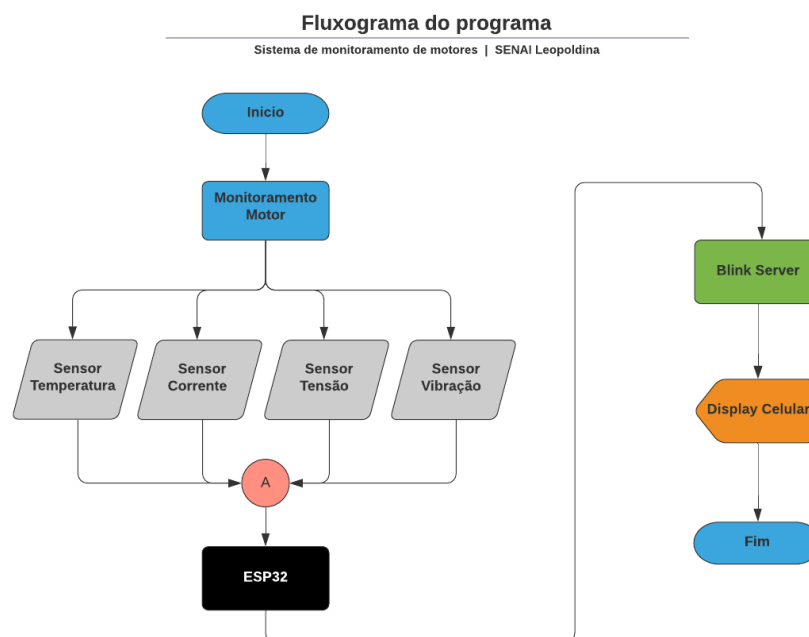
Figura 35- Circuito elétrico



Desenvolvido no software Proteus

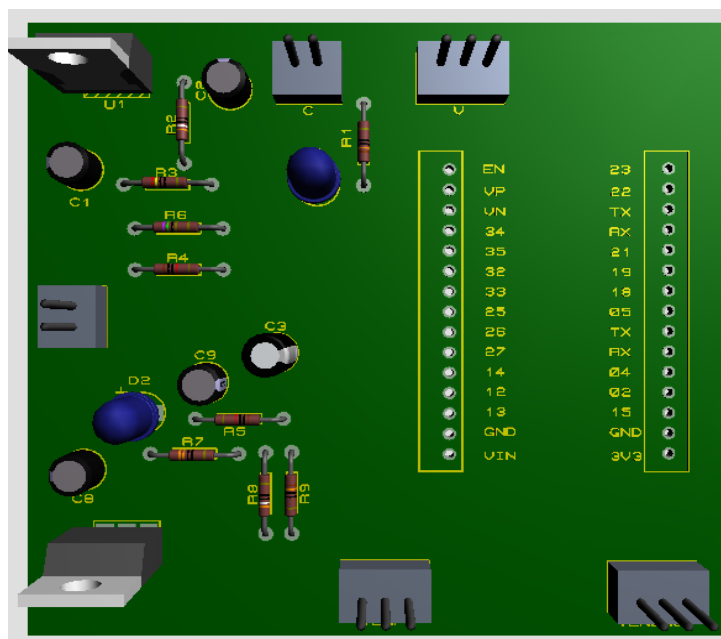
## 6. FLUXOGRAMA

Figura 36- Fluxograma



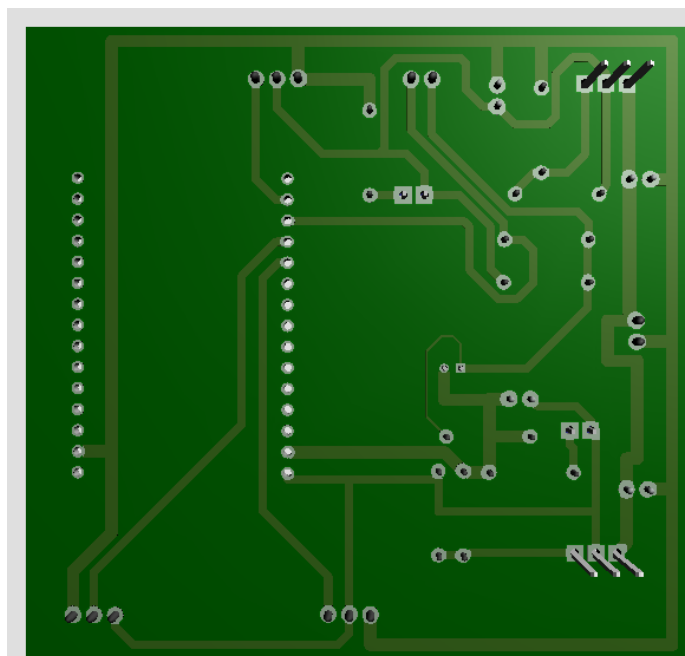
## 7. PCI

Figura 37- Placa de circuito impresso, imagem frontal



Desenvolvido em software Proteus

Figura 38- Placa de circuito impresso, imagem posterior



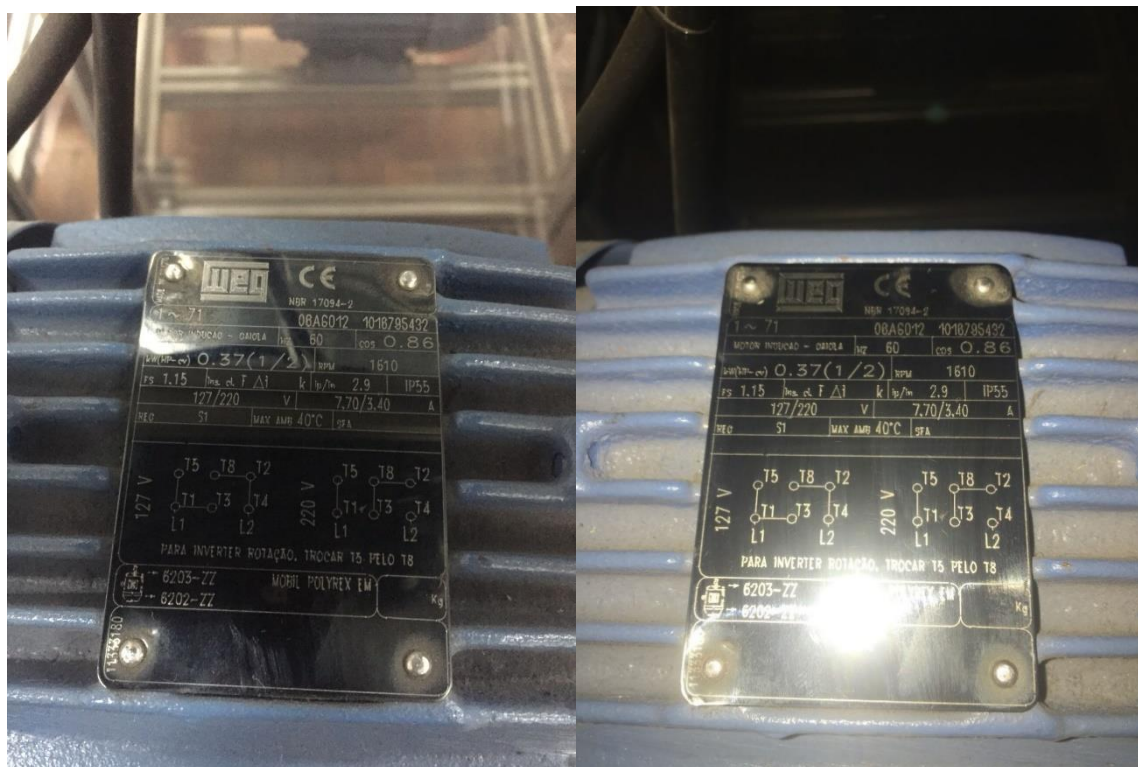
Desenvolvido em software Proteus

43

## 8. MOTOR UTILIZADO PARA A ANÁLISE

Utilizamos o motor monofásico 127/220V - 7,70/3,40A 1610 RPM

Figura 40- Motor utilizado para analise



Fonte: Imagem do autor

## 9. METODOLOGIA

Para a construção da metodologia de monitoramento de falhas em motores elétricos, foram definidos quais condições inadequadas de funcionamento de um motor elétrico, que podem levar a uma falha inicial, e qual a forma mais adequada de obter essas informações.

Normalmente, apenas uma variável é monitorada, porém a proposta visa monitorar mais de uma variável ao mesmo tempo e as condições de funcionamento do motor buscando alinhar essas condições aos objetivos traçados pelo pessoal de manutenção, de forma a se adequar às expectativas e preferências do pessoal responsável, sempre se baseando em dados fornecido pelo fabricante para facilitar a aplicação inicial do método.

Com base na pesquisa realizada, determina-se que, a fim de avaliar a condição do estado do motor, as variáveis mais importantes para determinar suas condições operacionais adequadas são: sua temperatura, corrente, tensão e vibração de operação, sendo que a placa de identificação de cada motor apresenta as condições nominais de cada uma dessas variáveis.

Está provado que o aumento na temperatura do motor encurta sua vida útil.

Da mesma forma, um aumento na corrente do motor para um determinado nível indica que o motor está sobrecarregado, o que fará com que sua velocidade de trabalho diminua, causando danos ao sistema de produção e ventilação, o que indiretamente afeta o aumento da temperatura do motor, justificando assim o monitoramento de tais condições de funcionamento.

Uma diminuição ou aumento na tensão nominal do motor indica que há um problema com a rede de alimentação, o que pode danificar o sistema de isolamento do motor e causar problemas com o motor.

Outras variáveis que também podem indicar falha do motor, como vibração, podem indicar problemas mecânicos no sistema de fixação, acoplamentos e até sistemas de lubrificação, pois o motor, sua principal função é movimentar cargas em processos industriais. Esses problemas mecânicos podem causar mal funcionamento do motor ou do sistema de acoplamento, fazendo com que a produção pare, ou mesmo cause acidente.

## **10.CONCLUSÃO**

As atividades realizadas ao longo do projeto tiveram como propósito desenvolver um sistema de monitoramento contínuo e aquisição de dados de parâmetros em motores elétricos trifásicos, com a programação da plataforma Arduino em conjunto com sensores para auxiliar na manutenção preditiva produzindo um histórico do equipamento. Fatores como custo de materiais, tempo de implantação do sistema foram considerados para validar o desempenho do sistema, ao compararmos o custo-benefício deste sistema de monitoramento com outros já existentes no mercado. Para dados comparativos foi utilizado para aferir a corrente elétrica o alicate amperímetro marca Minipa ET-3111, para a temperatura um termômetro digital da marca Cason CA-380 e para aferição da vibração o Fluke 810. Com a obtenção dos resultados, notou-se a eficiência do sistema, pois ele apresenta os valores em tempo real e armazena todos os parâmetros solicitados, podendo ser implantado como suporte para a manutenção preditiva. O sistema desenvolvido apresentou dados semelhantes aos dos equipamentos utilizados para a comparação, assim validando a sua confiabilidade. Esse sistema de monitoramento poderá ser utilizado em motores de até 30 cv, considerando um fator de potência de 0.70, pois o transformador de corrente realiza a medição de corrente de até 100 A, os sensores de temperatura e vibração podem ser utilizados em motores com maior potencial.

## REFERÊNCIAS

TOTVS 6 aplicações de Internet das Coisas em sua rotina Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/inovacoes/aplicacoes-da-internet-das-coisas/>> . Acesso em 24 de set. de 2021.

TOTVS Indústria 4.0: o que é, impactos, benefícios e tecnologias Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0/>> . Acesso em 24 de set. de 2021.

BAÚ DA ELETRONICA ESP32: Conhecendo o sucessor do ESP8266 Disponível em: <<http://blog.baudaeletronica.com.br/conhecendo-esp32/>> . Acesso em 28 de set. de 2021.

CITISYSTEMS Industria 4.0: O que é, e como ela vai impactar o mundo Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>> . Acesso em 29 de out. de 2021

PORTAL DA INDÚSTRIA Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em 29 de out. de 2021

EMBARCADOS Introdução ao Blink App Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>>. Acesso em 29 de out. de 2021

HEWLETT PACKRD INTERPRISE O que é a internet das coisas industrial (IIOT)  
Disponível em: <<https://www.hpe.com/br/pt/what-is/industrial-iot.html>>. Acesso em 29 de out. de 2021

CURTO-CIRCUITO Utilizando o Blink com ESP32 Disponível em:  
<<https://www.curtocircuito.com.br/blog/utilizando-blynk-esp32>>. Acesso em 29 de out. de 2021

MUNDO DA ELÉTRICA Tipos de motores elétricos, quais são? Disponível em:  
<<https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-motores-eletricos-quais-sao/>>.  
Acesso em 08 de nov. de 2021

BRASIL ESCOLA Eletricidade: acionamento de motores elétricos Disponível em:  
<<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/eletricidade-acionamento-motores-eletricos.htm#:~:text=Motor%20el%C3%A9trico%20%C3%A9%20uma%20m%C3%A1quina,com%20qualquer%20tipo%20de%20carga>>. Acesso em 08 de nov. de 2021

CONCURSANDO ELÉTRICA Fechamento de motores de 6 pontas Disponível em:  
<<http://concursandoeletrica.com.br/fechamento-de-motores-trifasicos-de-6-terminais/>>. Acesso em 08 de nov. de 2021

LOBO DA ROBÓTICA O que é SP32? Pra que serve? Quando usar? Disponível em:  
<<https://lobodarobotica.com/blog/o-que-e-esp32-pra-que-serve-quando-usar/>>.  
Acesso em 08 de nov. de 2021

CURTO-CIRCUITO Conhecendo a SP32 Disponível em:  
<<https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/conhecendo-esp32>>. Acesso em 08 de nov. de 2021



EMBARCADOS Norvit IIOT – ESP32 para projetos industriais Disponível em:  
<<https://www.embarcados.com.br/norvi-iiot-esp32-para-projetos-industriais/#:~:text=O%20ESP32%20vem%20sendo%20utilizado,tipos%20de%20controladores%20e%20sensores>>. Acesso em 08 de nov. de 2021

TOIT DOCS Documentation Disponível em:  
<[https://docs.toit.io/utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=13137649398&utm\\_content=117561173210&utm\\_term=esp32%20platform&campaign=13137649398&adgroup=117561173210&content=550360215820&matchtype=e&network=g&device=c&adposition=&keyword=esp32%20platform&gclid=EAlaQobChMlt4rbydml9AIVi4eRCh1zoAn0EAAYASABEgl7FPD\\_BwE](https://docs.toit.io/utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=13137649398&utm_content=117561173210&utm_term=esp32%20platform&campaign=13137649398&adgroup=117561173210&content=550360215820&matchtype=e&network=g&device=c&adposition=&keyword=esp32%20platform&gclid=EAlaQobChMlt4rbydml9AIVi4eRCh1zoAn0EAAYASABEgl7FPD_BwE)>. Acesso em 08 de nov. de 2021

BAÚ DA ELETRONICA Arduinos Disponível em:  
<<https://blog.baudaeletronica.com.br/arduinos/>>. Acesso em 08 de nov. de 2021

**BAÚ DA ELETRONICA ESP32: Conhecendo o sucessor do ESP8266 Disponível em: <<http://blog.baudaeletronica.com.br/conhecendo-esp32/>> Acesso em 08 de nov. de 2021**

INDUSTRIAL SHIELDS Família de controladores industriais ESP32 PLC Disponível em: <https://www.industrialshields.com/industrial-esp32-plc-products-family-ideal-for-iiot-solutions> Acesso em: 08 de nov. de 2021

MERCADO LIVRE Módulo Esp32-cam Disponível em:  
<[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1607836309-modulo-esp32-cam-com-cmera-ov2640-JM#position=1&search\\_layout=grid&type=pad&tracking\\_id=9518a13c-a0c8-4b43-ab76-](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1607836309-modulo-esp32-cam-com-cmera-ov2640-JM#position=1&search_layout=grid&type=pad&tracking_id=9518a13c-a0c8-4b43-ab76-)>

**286874cc5141&is\_advertising=true&ad\_domain=VQCATCORE\_LST&ad\_position=1&ad\_click\_id=YTQxMTBjMjQtNTViYi00NTViLTliOTctODcyNGQ1ZmFIYzBh>.**  
Acesso em 08 de nov. de 2021.

ALLDATA SHEET.COM Pesquisa de folha de dados de componentes eletrônicos.  
Disponível em: <<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32/1135/2/ESP32.html>>. Acesso em 08 de nov. de 2021.

**FERNADO TECNOLOGIA ESP32: Detalhes internos e pinagem Disponível em:**  
**<<https://www.fernandok.com/2018/03/esp32-detalhes-internos-e-pinagem.html>>.** Acesso em 08 de nov. de 2021.

ATHOS ELETRONICS ESP32 – Especificações e projetos Disponível em:  
[https://athoselectronics.com/esp32/#:~:text=O%20ESP32%20%C3%A9%20um%20microcontrolador,trocando%20informa%C3%A7%C3%B5es%20com%20a%20rede.&text=Conex%C3%A3o%20Wifi%20de%202.4Ghz%20\(m%C3%A1ximo%20de%20150%20Mbps\)%3B](https://athoselectronics.com/esp32/#:~:text=O%20ESP32%20%C3%A9%20um%20microcontrolador,trocando%20informa%C3%A7%C3%B5es%20com%20a%20rede.&text=Conex%C3%A3o%20Wifi%20de%202.4Ghz%20(m%C3%A1ximo%20de%20150%20Mbps)%3B) Acesso em 08 de nov. de 2021.

**LABORATÓRIO DE GARAGEM Simulação do Sensor de Corrente SCT-013 100A no Proteus.**

Disponível em: <<https://labdegaragem.com/forum/topics/simula-o-do-sensor-de-corrente-sct-013-100a-no-proteus>>. Acesso em 08 de nov. de 2021.

**ELETROGATE Módulo Sensor de Toque e Vibração Piezo**

Disponível em: <[https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-toque-e-vibracao-piezo?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAlaIQobChMllem-](https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-toque-e-vibracao-piezo?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAlaIQobChMllem-)

3ual9AIVCbSzCh2\_3ABhEAQYASABEgLOlvD\_BwE>. Acesso em 08 de nov. de 2021.

### **MUNDO PROJETADO Efeito Piezoelétrico – Entenda como funciona o buzzer**

Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/efeito-piezoelétrico-entenda-como-funciona-o-buzzer/>>. Acesso em 08 de nov. de 2021.

FIA Fundação Instituto e Administração Indústria 4.0: O que é, consequências, impactos positivos e negativos (Guia completo) Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/industria-4-0/>> Acesso em 29 de out. de 2021

GP\_COMIM\_2019\_2\_03.pdf Disponível em:  
<[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15907/1/GP\\_COMIM\\_2019\\_2\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15907/1/GP_COMIM_2019_2_03.pdf)> Acesso em 08 de nov. de 2021

SELO437\_Aula09\_Motores02\_2017 Disponível em:  
<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3521069/mod\\_resource/content/1/SELO437\\_Aula09\\_Motores02\\_2017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3521069/mod_resource/content/1/SELO437_Aula09_Motores02_2017.pdf)>. Acesso em 08 de nov. de 2021

## APÊNDICE A - Programação da ESP32

//--- Monitoramento de motores elétricos ---//

/\* O código tem como objetivo realiza o monitoramento de tensão, temperatura, corrente e vibração e serem mostrados

\* no aplicativo de celular (Blynk Mobile). O código possui 3 Bibliotecas, sendo Wifi para a conexão da ESP32 com Wifi

\* Blynk para a conexão com o aplicativo mobile e Emonlib para os cálculos de conversão dos valores lidos pelos pinos de sinais

\* dos sensores de tensão e corrente. A partir da leitura e codificação os valores serão enviados para o Blynk serve onde será

\* mostrados as medições dos sensores no aplicativo de celular. \*/

#define BLYNK\_PRINT Serial // Biblioteca Blynk

#include "EmonLib.h" //https://github.com/openenergymonitor/EmonLib

#include <WiFi.h> // Biblioteca Wifi

#include <WiFiClient.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h> // Biblioteca Blynk

#define BLYNK\_AUTH\_TOKEN "" // Chave token para parear com o Blynk mobile disponível no aplicativo quando cria o projeto

EnergyMonitor emon;

#define vCalibration 106.8// Valor de calibração de tensão definido por testes práticos ou pode ser ajustado do modulo zmpt101b pelo trimpote

#define currCalibration 02.0 //// Valor de calibração de corrente definido por testes práticos

BlynkTimer timer;

//////////----Conexão com wifi----//////////

char auth[] = BLYNK\_AUTH\_TOKEN;

char ssid[] = "Login";// ID do Wifi

char pass[] = "Senha";// Password

```
//////////----Temperatura----//////////
```

```
int val;
```

```
double Volt = 0;
```

```
int Celcius = 0;
```

```
const int pino_sensor = 35; // LM35
```

```
//////////----Vibração----//////////
```

```
int pino_vibra = 35;
```

```
int Vibra;
```

```
//////////----variáveis para calcular potência----//////////
```

```
float kWh = 0;
```

```
unsigned long lastmillis = millis();
```

```
// Função da Vibração
```

```
void vibra(){
```

```
Vibra = analogRead(pino_vibra); // Pino Analógico que vai ser lido o valor de sinal do sensor
```

```
}
```

```
// Função da temperatura
```

```
void Temperatura(){
```

```
val = analogRead(pino_sensor); // Leitura sensor de temperatura
```

```
Volt = (val / 1023.0) * 5.0; // converte em valor de tensão
```

```
Celsius = Volt * 0.1; // converte em temperatura
```

```
}
```

```
// Escrita de dados da serial
```

```
void myTimerEvent() {
```

```
emon.calcVI(20, 2000);
```

```
Serial.print("Vrms: "); // Escreve na serial Vrms
```

```

Serial.print(emon.Vrms, 2);// Escreve na serial valor de tensão
Serial.print("V");// Escreve na serial V
Blynk.virtualWrite(V0, emon.Vrms);// Escreve no Blynk valor de tensão no V0

Serial.print("\tIrms: ");// Escreve na serial Irms
Serial.print(emon.Irms, 4);// Escreve na serial valo de corrente
Serial.print("A");// Escreve na serial escala de corrente "A"
Blynk.virtualWrite(V1, emon.Irms);// Escreve no Blynk valor de corrente no V1

Serial.print("\tPower: ");// Escreve na serial potência
Serial.print(emon.apparentPower, 4);// Escreve na serial potência
Serial.print("W");// Escreve na serial escala de potência
Blynk.virtualWrite(V2, emon.apparentPower);// Escreve no Blynk valor de potência
no V2

kWh = kWh + emon.apparentPower*(millis()-lastmillis)/3600000000.0; // Escreve na
serial potência consumida
Serial.print(kWh, 4);// Escreve na serial kWh
Serial.println("kWh");// Escreve na seril valor de kWh
lastmillis = millis();// delay
Blynk.virtualWrite(V3, kWh);// Escreve no Blynk valor de kWh no V3
Serial.print("\tkWh: ");

Serial.print("\tTemperatura:");// Escreve na serial temperatura
Serial.println(Celsius);// Escreve na serial Celsius
Blynk.virtualWrite(V4,Celcius);// Escreve no Blynk valor de temperatura no V4

Serial.print("\tValor:");// Escreve na serial Valor
Serial.println(Vibra);// Escreve na serial valor da vibração
Blynk.virtualWrite(V5,Vibra);// Escreve no Blynk valor da vibração no V5
}

void setup() {

```

```

Serial.begin(9600);
pinMode(pino_vibra,INPUT);// 35 Sensor de vibração
pinMode(pino_sensor,INPUT);//34 Sensor de temperatura
emon.voltage(34, vCalibration, 1.7); // Tensão: pino de entrada, calibração, Raiz de
3.
emon.current(39, currCalibration); // Corrente: pino de entrada, calibração.
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
timer.setInterval(1000L, myTimerEvent)//delay 1s
}
// laço de repetições
void loop() {
vibra();// Função vibração
Temperatura();//Função temperatura
Blynk.run();//Inicialização Blynk
timer.run();
}

```

APÊNDICE B - Dados da serial

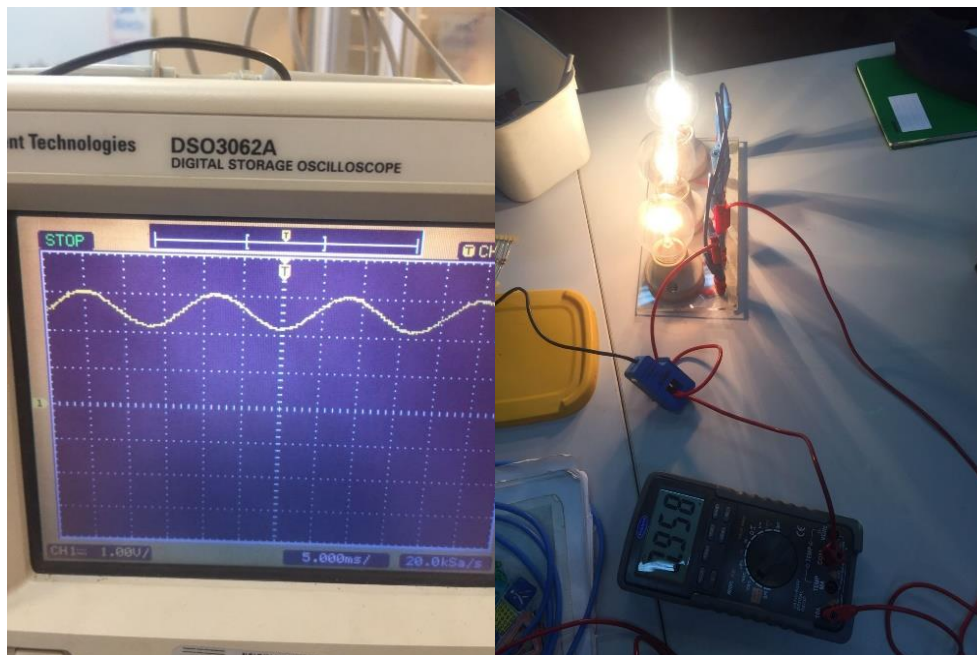
COM3			
Vrms: 127.84V	Irms: 4.6060A	Power: 588.8471W	kWh: 0.0
Vrms: 127.55V	Irms: 4.5367A	Power: 578.6611W	kWh: 0.0
Vrms: 130.10V	Irms: 4.5280A	Power: 589.0988W	kWh: 0.0
Vrms: 127.31V	Irms: 4.5700A	Power: 581.8147W	kWh: 0.0
Vrms: 127.39V	Irms: 4.5335A	Power: 577.5407W	kWh: 0.0
Vrms: 127.14V	Irms: 4.5761A	Power: 581.8299W	kWh: 0.0
Vrms: 127.13V	Irms: 4.5119A	Power: 573.5888W	kWh: 0.0
Vrms: 127.52V	Irms: 4.5743A	Power: 583.3275W	kWh: 0.0
Vrms: 127.38V	Irms: 4.5689A	Power: 581.9834W	kWh: 0.0
Vrms: 127.45V	Irms: 4.5232A	Power: 576.5056W	kWh: 0.0
Vrms: 126.94V	Irms: 4.5832A	Power: 581.8088W	kWh: 0.0
Vrms: 127.41V	Irms: 4.5472A	Power: 579.3708W	kWh: 0.0
Vrms: 127.41V	Irms: 4.5679A	Power: 581.9842W	kWh: 0.0
Vrms: 127.57V	Irms: 4.5733A	Power: 583.3900W	kWh: 0.0
Vrms: 127.44V	Irms: 4.5279A	Power: 577.0513W	kWh: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/> Auto-rolagem <input type="checkbox"/> Show timestamp			
16 char auth[] = "BLYNK_AUTH_TOKEN";			
17			
18 char ssid[] = "CARLINHOS RB";			
19 char pass[] = "Carlinhos1";			
20			
21 float kWh = 0;			
22 unsigned long timestamp;			

APÊNDICE C - Corrente e tensão do motor usados no aplicativo

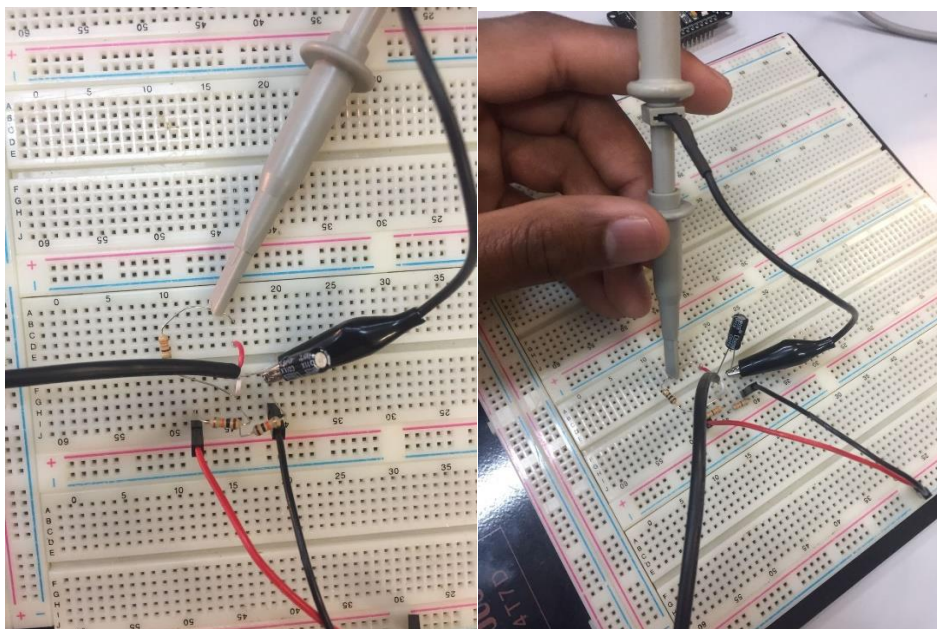




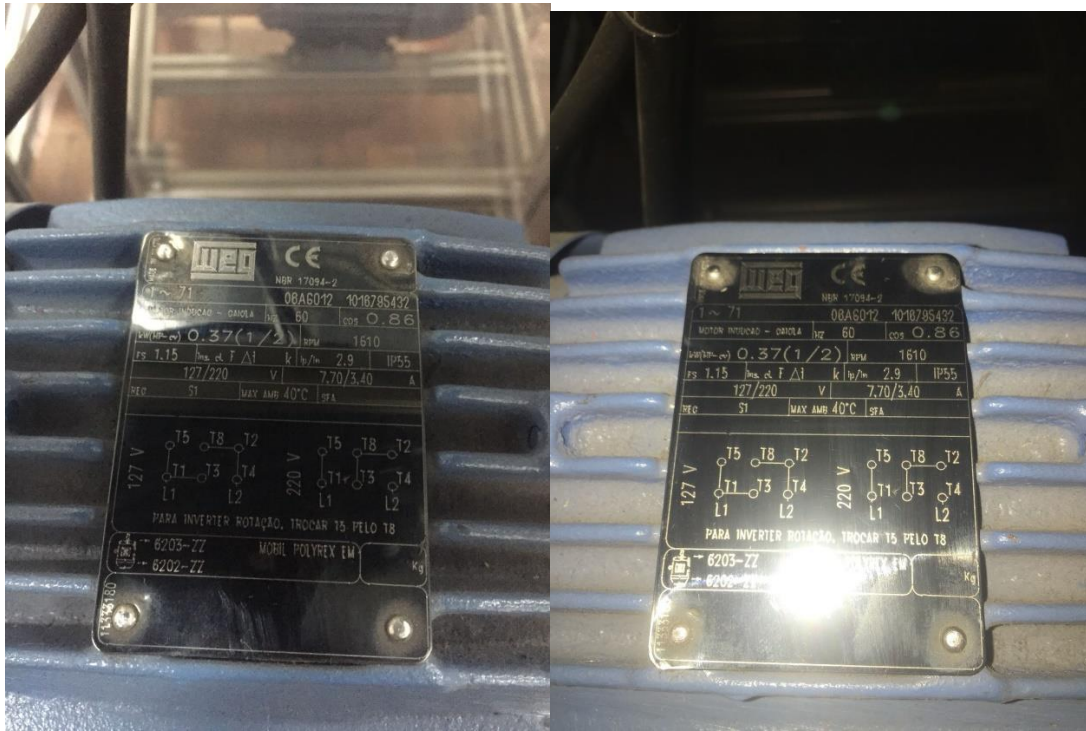
## APÊNDICE D - Teste funcional do sensor sct-013 e análise do sinal com o osciloscópio



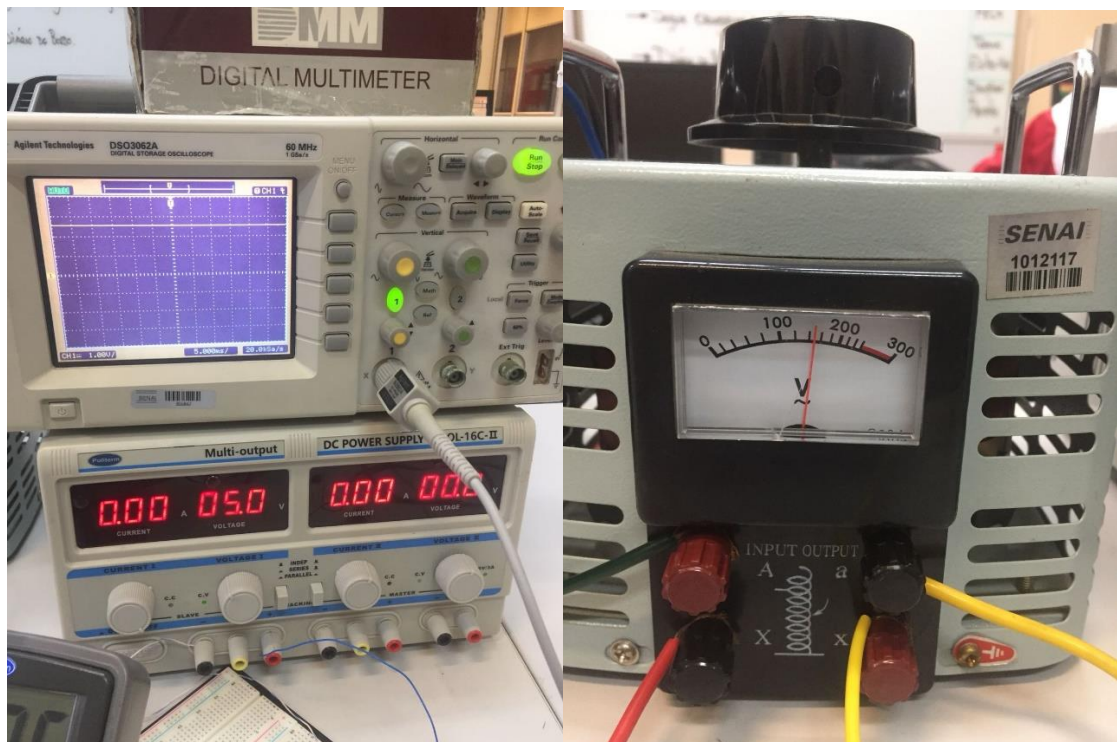
## APÊNDICE E - Circuito sct-013 em protoboard



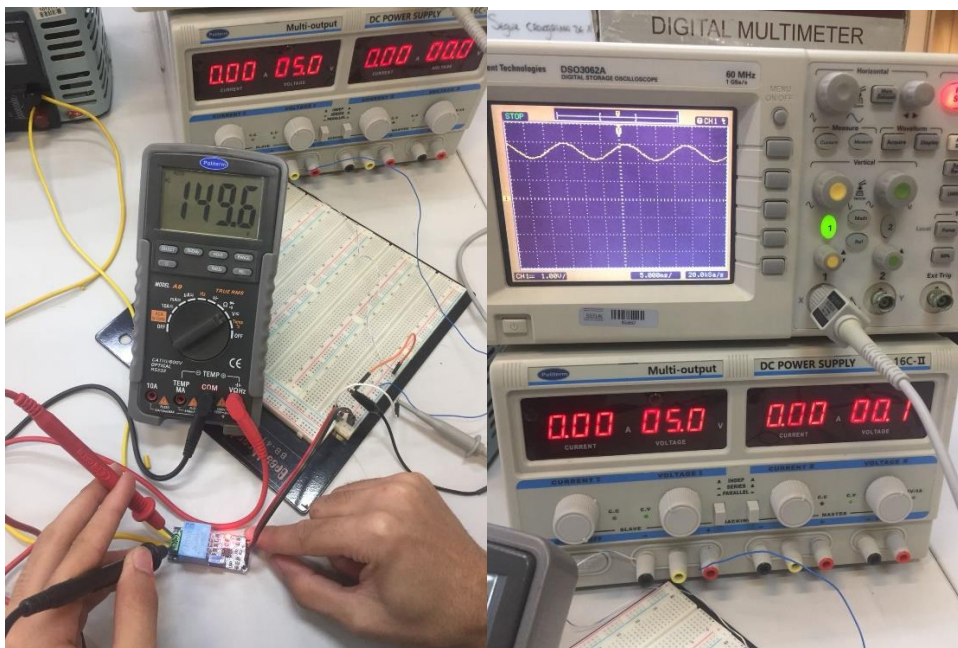
## APÊNDICE F - Dados do motor usado para testes



## APÊNDICE G - Testes funcionais com o zmppt-101b







## APÊNDICE D – Diário de bordo

**09/08/21**

**Atribuído:** Teoria Inicial / BRAINSTORM.

**Realizado:** Início da teoria inicial / BRAINSTORM.

**Dificuldades:** ideias.

**13/08/21**

**Atribuído:** Teoria Inicial / BRAINSTORM.

**Realizado:** Continuação da teoria inicial / BRAINSTORM.

**Dificuldades:** Ideias.

**16/08/21**

**Atribuído:** Teoria Inicial / BRAINSTORM.

**Realizado:** Conclusão da teoria inicial / BRAINSTORM.

**Dificuldades:** ---

**20/08/21**

**Atribuído:** Elaboração e entrega da proposta executiva.

**Realizado:** Entregas da proposta executiva.

**Dificuldades:** ---

**23/08/21**

**Atribuído:** Levantamento de atividades.

**Realizado:** Início do Levantamento de atividades.

**Dificuldades:** Elaborar um cronograma coeso.

**27/08/21**

**Atribuído:** Elaboração do cronograma / Levantamento de atividades.

**Realizado:** Início da elaboração do cronograma / Encerrar levantamento de atividades.

**Dificuldades:** Organizar os dias e cada função.

**30/08/21**

**Atribuído:** Elaboração do cronograma.

**Realizado:** Elaboração do cronograma.

**Dificuldades:** Organizar os dias.

**03/09/21**

**Atribuído:** ---

**Realizado:** Início dos estudos relacionados ao projeto e levantamento da lista de materiais.

**Dificuldades:** --

**06/09/21**

**Atribuído:** Estudos Relacionados ao projeto.

**Realizado:** Estudos relacionados ao projeto / escolha do fornecedor / cotação do menor preço.

**Dificuldades:** ---

**10/09/21**

**Atribuído:** Desenvolvimento da documentação (Power point, programação...)

**Realizado:** Levantamento de pontos I/O / Início do desenvolvimento da documentação.

**Dificuldades:** ---

**13/09/21**

**Atribuído:** Solicitação de compra.

**Realizado:** Solicitação de compra / programação de software / Desenvolvimento do Hardware.

**Dificuldades:** ---

**17/09/21**

**Atribuído:** Programação para o sensor de tensão / Programação para o sensor de corrente.

**Realizado:** Programação para o sensor de corrente / Programação para o sensor de tensão.

**Dificuldades:** ---

**20/09/21** (Dia fora de aula)

**Atribuído:** ---

**Realizado:** Programação para o sensor de vibração (**em andamento**) / Cálculos para elaboração do circuito / Simulação do sensor de tensão.

**Dificuldades:** ---

**24/09/21**

**Atribuído:** Programação para o sensor de vibração.

**Realizado:** Validação dos componentes / Programação para o sensor de vibração / Simulação do projeto na protoboard / Simulação do sensor de corrente.

**Dificuldades:** ---

**27/09/21**

**Atribuído:** Finalização.

**Realizado:** Capa / Folha de rosto / Folha de agradecimento.

**Dificuldades:** ---

**01/10/2021**

**Atribuído:** Solicitação de compra / aquisição de componentes (**ambos Já feitos**).

**Realizado:** Pontuação da documentação e cronograma (Avaliação) / Pesquisa sobre o projeto / Desenvolvimento do PowerPoint.

**Dificuldades:** ---

**04/10/2021**

**Atribuído:** Simulação do Projeto em software e protoboard / Análise do circuito para o Dimensionamento de alimentação.

**Realizado:** Simulação do Projeto em software e protoboard (**em andamento**) / Análise do circuito para o Dimensionamento de alimentação / Simulação do circuito de alimentação em software / Solicitação dos componentes da entrada de alimentação.

**Dificuldades:** ---

**05/10/2021** (Dia fora de aula)

**Atribuído:** Desenvolvimento do PowerPoint.

**Realizado:** Desenvolvimento do PowerPoint.

**Dificuldades:** ---

**07/10/2021**

**Atribuído:** ---

**Realizado:** Separação dos temas para Pré-apresentação.

**Dificuldades:** Divergências / Integrantes não estão presentes para ajudar na escolha.

**15/10/2021**

**Atribuído:** Pré-apresentação do TCC.

**Realizado:** Pré-apresentação do TCC.

**Dificuldades:** ---

**18/10/2021**

**Atribuído:** Simular piezoelétrico (necessitava fonte) / Análise ampla da apresentação retroativa.

**Realizado:** Análise ampla da apresentação retroativa.

**Dificuldades:** ---

**22/10/2021**

**Atribuída:** Simulação do hardware (necessitava fonte).

**Realizado:** Documentação.

**Dificuldades:** ---

**25/10/2021**

**Atribuída:** Teste do piezoelétrico / teste do Lm35 / simulação de todos os componentes.

**Realizado:** Teste do piezoelétrico / teste do Lm35.

**Dificuldades:** Perda do piezoelétrico (Queimou).

**29/10/21**

**Atribuída:** Desenvolvimento dos projetos / Acompanhamento do cronograma de ações.

**Realizado:** Avaliação do andamento do grupo / desenvolvimento do referencial teórico (DOCUMENTAÇÃO) / pesquisa de cálculos para testboard do Blynk

**Dificuldades:** ---

**05/11/21**

**Atribuída:** Inserção dos componentes na PCI / Teste de todos os componentes (exceto o Piezoelétrico).

**Realizado:** Teste de todos os componentes (exceto o Piezoelétrico).

**Dificuldades:** ---

**08/11/21**

**Atribuída:** Revisar pesquisa / Documentação do projeto.

**Realizado:** Revisar pesquisa / Documentação do projeto.

**Dificuldades:** ---

**12/11/21**

**Atribuída:** Introdução.

**Realizado:** Introdução / Documentação.

**Dificuldades:** ---

**19/11/21**

**Atribuída:** Cálculo de tensão, documentação / entregar dados da PCI.

**Realizado:** Cálculo de tensão, documentação / entregar dados da PCI.

**Dificuldades:** ---

**22/11/21**

**Atribuída:** Inclusão de detalhes finais na documentação.

**Realizado:** Inclusão de detalhes finais na documentação.

**Dificuldades:** ---

**26/11/21**

**Atribuída:** Pontuação da documentação / cronograma e montagem (avaliação).

**Realizado:** Pontuação da documentação / cronograma e montagem (avaliação).

**Dificuldades:** ---

**29/11/21**

**Atribuída:** Documentação.

**Realizado:** Documentação.

**Dificuldades:** ---

**03/12/21**

**Atribuída:** Conclusão ou considerações finais / Desenvolvimento da placa de circuito.

**Realizado:** Conclusão ou considerações finais / Desenvolvimento e conclusão da placa de circuito.

**Dificuldades:** ---

**06/12/21**

**Atribuída:** Documentação / Teste final do projeto.

**Realizado:** Documentação / Teste final de parte projeto.

**Dificuldades:** Faltaram ajustes no sensor de corrente.

**10/12/21**

**Atribuída:** Apresentação final.

**Realizado:** Apresentação final.

**Dificuldades:** Alguns detalhes a serem corrigidos da documentação.

**13/12/21**

**Atribuída:** Documentação.

**Realizado:** Documentação.

**Dificuldades:**

**14/12/21**

**Atribuída:** Documentação.

**Realizado:** Documentação.

**Dificuldades:** ---