

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**THIAGO FREIRE DE ALMEIDA**

**MEDIDOR DO CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA PARA CHUVEIRO  
ELÉTRICO**

**MEDIANEIRA**

**2023**

**THIAGO FREIRE DE ALMEIDA**

**MEDIDOR DO CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA PARA CHUVEIRO  
ELÉTRICO**

**. Water and Electricity Consumption Meter for Electric Shower**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Alberto Noboru Miyadaira.

Coorientador: Yuri Ferruzzi

**MEDIANEIRA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**THIAGO FREIRE DE ALMEIDA**

**MEDIDOR DO CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA PARA CHUVEIRO  
ELÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 23/junho/2023

---

Alberto Noboru Miyadaira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Yuri Ferruzzi  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Alex Lemes Guedes  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Filipe Marangoni  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2023**

## RESUMO

Com o avanço da civilização e da industrialização, a poluição do meio ambiente tornou-se inevitável. Portanto, a conscientização sobre o consumo responsável de água e energia se tornou indispensável nos dias atuais. Dentre os equipamentos elétricos residenciais, o chuveiro elétrico é um dos maiores consumidores de energia e água. Diante desse cenário, foi desenvolvido um protótipo que realiza a medição do fluxo de água e energia, com o objetivo de conscientizar o usuário sobre o seu consumo. Esse dispositivo inovador possui um display alfanumérico que apresenta informações precisas sobre a quantidade de energia e água consumidas pelo chuveiro elétrico. Além disso, ele também fornece uma estimativa de custo, permitindo que o usuário tenha uma noção clara dos recursos utilizados e do impacto financeiro desses consumos. Essa tecnologia visa incentivar a adoção de hábitos mais sustentáveis, possibilitando que as pessoas acompanhem de forma detalhada o seu consumo diário. Dessa forma, o dispositivo proporciona uma consciência ambiental mais aguçada, incentivando a redução do desperdício e o uso consciente dos recursos naturais. Com a implementação desse dispositivo de medição de fluxo de água e energia nos chuveiros elétricos, espera-se um maior engajamento dos usuários na preservação do meio ambiente, contribuindo para a redução do consumo excessivo e para a sustentabilidade do planeta.

**Palavras-chave:** aparelhos e materiais elétricos; medidas físicas; medidores elétricos.

## ABSTRACT

With the advancement of civilization and industrialization, environmental pollution has become inevitable. Therefore, awareness of responsible water and energy consumption has become indispensable in today's world. Among residential electrical appliances, the electric shower is one of the highest consumers of energy and water. In light of this scenario, a device has been developed to measure water and energy flow, aiming to raise users' awareness about their consumption. This innovative device features an alphanumeric display that provides accurate information about the amount of energy and water consumed by the electric shower. Additionally, it offers a cost estimate, allowing users to have a clear understanding of the resources used and the financial impact of their consumption. This technology aims to encourage the adoption of more sustainable habits, enabling individuals to closely monitor their daily consumption. Thus, the device promotes heightened environmental consciousness, encouraging waste reduction and conscious use of natural resources. By implementing this water and energy flow measurement device in electric showers, it is expected to engage users further in environmental preservation, contributing to the reduction of excessive consumption and the sustainability of the planet.

**Keywords:** electric meters; measurement; watt-hour meter.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Diagrama de bloco de uma fonte de alimentação .....	16
Figura 2- Retificador de onda completa em ponte.....	16
Figura 3- Pinagem do microcontrolador PIC16f877a .....	19
Figura 4- Circuito de uma carga resistiva linear alimentado por uma fonte de - tensão alternada.....	21
Figura 5- Forma de onda da corrente e tensão para uma carga resistiva linear .....	22
Figura 6- Circuito elétrico que exemplifica o chuveiro .....	23
Figura 7- Exemplo de resistência elétrica com seletor mecânico.....	24
Figura 8- Circuito gradador para chuveiro .....	24
Figura 9- Circuito referente ao chuveiro eletrônico.....	25
Figura 10- Formas de onda na carga em diferentes ângulos de disparo do Triac ....	25
Figura 11- Chuveiro inteligente "MyShower" .....	26
Figura 12- Exemplo de um esquema de ligação para o medidor de energia .....	27
Figura 13- Circuito medidor de tensão .....	28
Figura 14- Simulação para o exemplo da tensão de rede igual à 220 Vrms .....	30
Figura 15- Simulação para o exemplo da tensão de rede igual à 242 Vrms .....	30
Figura 16- Sinal do osciloscópio na entrada analógica do microcontrolador para - uma tensão de rede igual à 242 Vrms.....	31
Figura 17- Diagrama geral do protótipo.....	32
Figura 18- Diagrama geral do protótipo.....	33
Figura 19- Sensor de corrente SCT-013-030 .....	34
Figura 20- Esquema do sinal de saída do sensor de corrente SCT-013-030.....	35
Figura 21- Circuito medidor de corrente .....	35
Figura 22- Sinal do circuito da Figura 21 para leitura de valores diferentes de - correntes .....	36
Figura 23- Sensor YF-S201.....	37
Figura 24- Diagrama geral do protótipo.....	38
Figura 25- Circuito sensor de tensão vista lateral .....	39
Figura 26- Circuito sensor de tensão vista superior .....	40
Figura 27- Diagrama esquemático para a calibração.....	41
Figura 28- Coleta de dados para calibração.....	42
Figura 29- Coleta de dados para calibração.....	42
Figura 30- Relação do valor real e valor medido.....	43
Figura 31- Circuito medidor de corrente.....	43
Figura 32- Coleta de dados para calibração.....	44
Figura 33- Coleta de dados para calibração.....	44
Figura 34- Relação do valor real e valor medido.....	45
Figura 35- Teste sendo realizado.....	46
Figura 36- Amostra 5 sendo coletada .....	47

Figura 37- Relação dos valores coletados na prática com os valores do data - sheet.....	48
Figura 38- Display LCD .....	49
Figura 39- Programa sendo executado .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de vazão relacionados com a frequência do sinal de saída .....	37
Tabela 2- Valores computados pelo microcontrolador .....	49
Tabela 3- Lista de materiais utilizados .....	55



## LISTA DE SIMBOLOS

$\omega t$	Frequência angular
$V_p$	Tensão de pico
$T$	Período
$j$	Energia (Joule)
$V$	Tensão elétrica
$t$	tempo
$\omega$	Frequência angular
$V_{rms}$	Tensão eficaz
$I$	Corrente elétrica
$R$	Resistência elétrica
$V_m$	Tensão média
$V_d$	Tensão direta no diodo
$V_r$	Tensão de ripple
$f$	Frequência (Hz)
$C$	Capacitância

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Medidor de energia eletrônico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Ponte retificadora de diodos .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Microcontroladores e microprocessadores .....</b>	<b>18</b>
3.3.1	Microcontroladores PIC .....	18
<b>3.4</b>	<b>IHM.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5</b>	<b>Potência e energia.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6</b>	<b>Chuveiro elétrico .....</b>	<b>22</b>
3.6.1	Controle de temperatura do chuveiro elétrico.....	23
<b>3.7</b>	<b>Chuveiros inteligentes .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Desenvolvimento e implementação do protótipo.....</b>	<b>27</b>
4.1.1	Medidor de tensão.....	28
4.1.2	Medição de corrente.....	34
4.1.3	Medição da vazão de água .....	36
<b>5</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>Circuitos medidores.....</b>	<b>38</b>
5.1.1	Montagem e testes em bancada .....	39
<u>5.1.1.1</u>	<u>Medição de tensão .....</u>	<u>39</u>
<u>5.1.1.2</u>	<u>Medição de corrente.....</u>	<u>43</u>
<u>5.1.1.3</u>	<u>Medição da vazão de água .....</u>	<u>45</u>
<b>5.2</b>	<b>Display LCD .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE A- Lista de materiais .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existem diferentes tipos de energia, como a energia mecânica, térmica, química, e com a industrialização e o avanço da sociedade, teve que se pensar em outras formas de energia, e uma delas é a energia elétrica, por se tratar de uma energia de fácil transporte e uma geração com boa otimização.

A energia elétrica começou a ser utilizada arduamente no século XX. A importância dessa forma de energia se pode provar pelo fato de, modernamente, os países mais industrializados duplicarem o consumo de energia elétrica a cada dez anos (COPEL, 2001).

Um dos problemas do século XXI está relacionado ao elevado consumo de recursos naturais, cujo chuveiro elétrico é um dos dispositivos residenciais que mais consome água e energia elétrica. Para promover a conscientização do consumo de água e de energia elétrica, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo para realizar a medição das duas grandezas e estimar o custo do banho com base no valor da tarifa.

O conforto que um banho quente no inverno traz é tão agradável que as pessoas podem até perder noção do tempo e consumir mais água e energia do que o necessário. Desta maneira, um alerta e a visualização de quanto o usuário está gastando se torna útil para a economia e conscientização do consumo de água e energia.

Segundo o especialista em energia da Universidade de São Paulo, Guilherme Fillippo, "O consumo de energia do Brasil cresce todos os anos. Ele tem certa relação ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), mas também ao crescimento vegetativo da população e da renda das pessoas". (EBC, 2015).

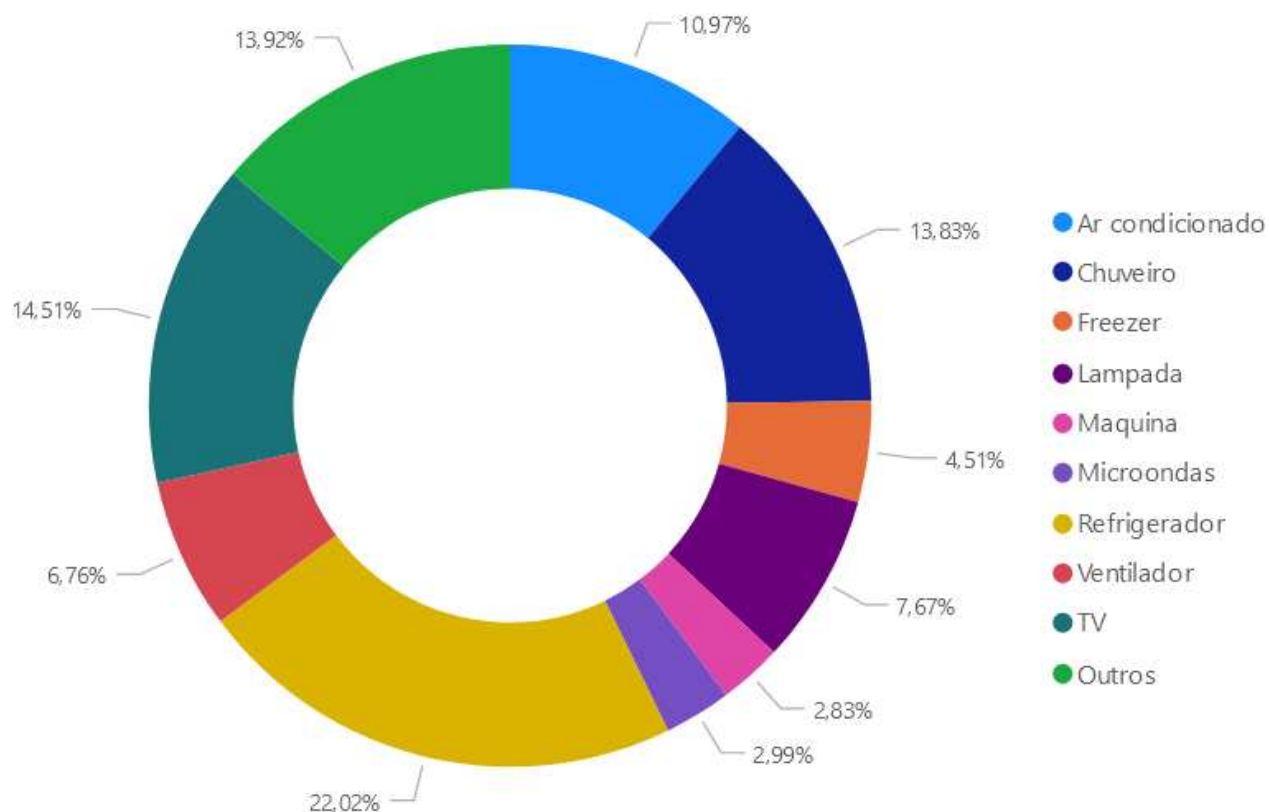
Segundo MME (2015), 65,1% da energia elétrica do Brasil vem das hidrelétricas, que é a maior fonte de energia do país. A energia elétrica e água estão diretamente interligadas, por isso, faz-se necessário o consumo consciente dos recursos naturais.

Existem algumas maneiras de incentivar o usuário de economizar, uma maneira eficiente é a visualização de quanto ele está gastando tanto na unidade de medida do recurso que está utilizando quanto do preço que está sendo gasto. Para isso foi utilizado um display LCD para mostrar informações técnicas e o valor que estaria pesando no "bolso". Componentes e circuitos eletrônicos foram usados para

executar a medição das variáveis e um microcontrolador PIC para receber as variáveis e realizar o controle.

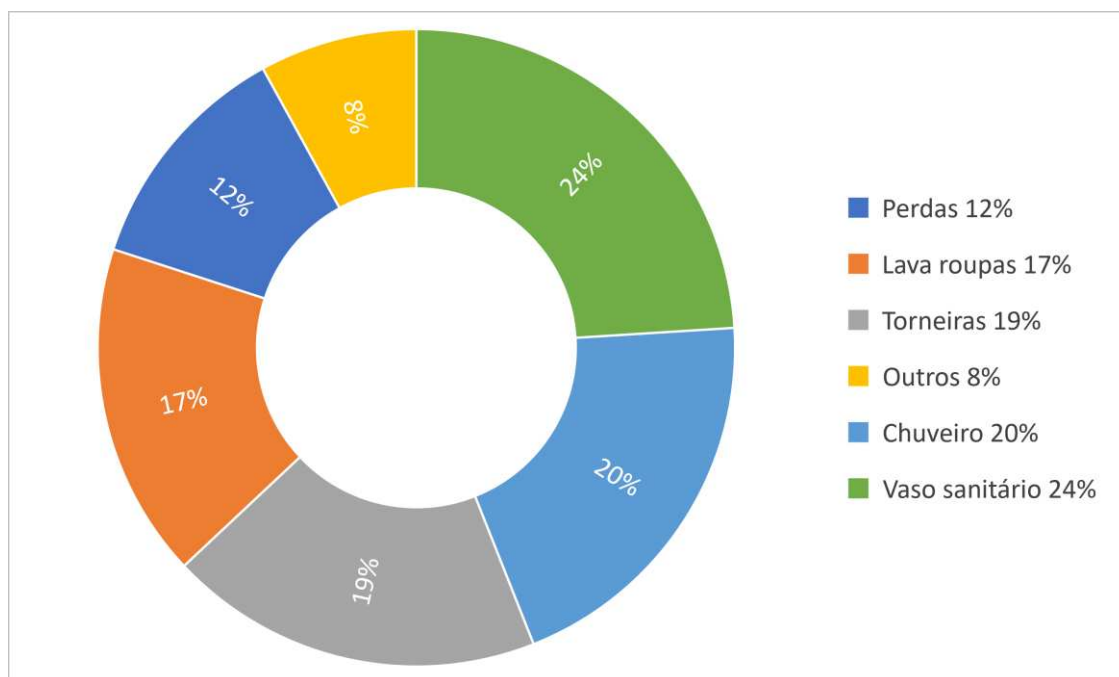
Segundo PROCEL (2019), de toda a energia elétrica residencial consumida, 13,83% é proveniente do chuveiro como é possível analisar no Gráfico 1, que é o equipamento elétrico que mais consome energia, em seguida vem geladeiras e aparelhos de condicionamento ambiental, como o ar-condicionado.

**Gráfico 1- Porcentagem do uso de energia elétrica dos equipamentos domésticos**



**Fonte: PROCEL (2019)**

Segundo PASE HIDROMETRIA (2022) em relação ao uso de água, como mostra Gráfico 2, pode-se observar que o chuveiro é um dos equipamentos residenciais que mais consome água com 20% perdendo apenas para o vaso sanitário que tem 24%. Deve-se levar em conta que esses dados foram coletados fazendo a média do uso de água diário de uma amostragem de residências. Conclui-se com esses gráficos que o chuveiro elétrico é o equipamento que mais consome água e energia dentro de uma residência, e se de alguma forma houver a redução do consumo desse dispositivo, essa diminuição será relevante como um todo.

**Gráfico 2- Consumo diário médio de água nas residências**

**Fonte: Pase hidrometria (2022)**

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é desenvolver um protótipo de medidor de consumo de água e de energia elétrica para chuveiro elétrico visando o consumo consciente de água e energia.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Definir os parâmetros de monitoramento e os sensores necessários para a medição da tensão, corrente e vazão de água.
- Desenvolver um circuito condicionador de sinal para medição da tensão e corrente para fornecer os dados à um microcontrolador;
- Desenvolver firmware para leitura de entrada de dados, processamento e apresentação de informações em um display alfanumérico;
- Realizar testes, de modo a avaliar o desempenho e confiabilidade do sistema;

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem como objetivo apresentar o embasamento teórico para a construção do projeto. Serão apresentados os conceitos de como funciona diferentes tipos de medidores de energia, microcontroladores, conceitos teóricos de potência e energia, além do funcionamento dos diferentes tipos de chuveiro.

#### **3.1 Medidor de energia eletrônico**

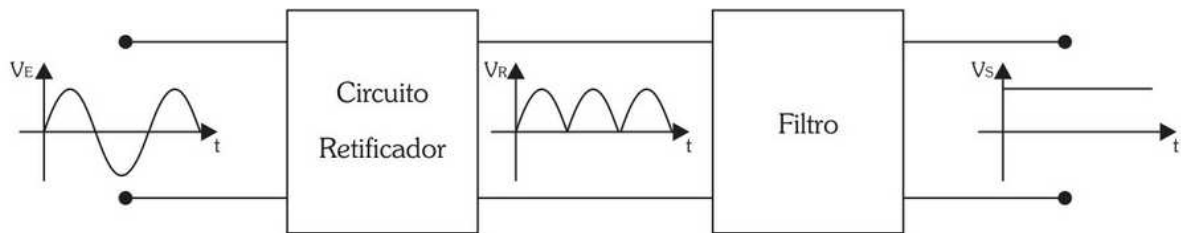
Os medidores eletrônicos digitais são a opção mais moderna, rápida e precisa na medição de tensão e corrente. Através de sensores e circuitos eletrônicos é possível processar dados de níveis de tensão e corrente através de um microcontrolador para um valor real que o usuário consiga realizar a leitura. (SERMANN, 2016).

### 3.2 Ponte retificadora de diodos

O processo de geração e distribuição de energia elétrica envolve a utilização de tensões senoidais. No entanto, muitos dispositivos eletrônicos requerem tensões contínuas para funcionar corretamente. Portanto, é necessário o uso de circuitos conhecidos como retificadores, que convertem as tensões alternadas em tensões contínuas. Antes de ser conectada ao retificador, a tensão da rede elétrica precisa ser ajustada para atender aos requisitos de tensão do circuito. (Marques et al., 2012).

Além disso, após a retificação, é necessário eliminar as variações na tensão contínua, a fim de mantê-la constante. Essa estabilização é alcançada por meio de filtros ou circuitos reguladores de tensão. A Figura 1 representa esse processo. (Marques et al., 2012).

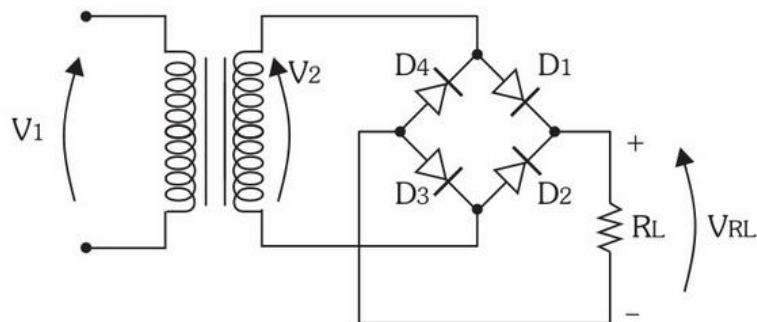
**Figura 1- Diagrama de bloco de uma fonte de alimentação**



Fonte: Marques et al. (2012)

Na Figura 2 é possível observar um circuito retificador de onda completa em ponte.

**Figura 2- Retificador de onda completa em ponte**



Fonte: Marques et al. (2012)



Segundo Marques, Júnior e Cruz (2012) é possível elaborar a dedução da tensão de saída para uma ponte retificadora de onda completa (Equação (1)). A tensão de entrada (tensão da rede) é alta comparado com a tensão direta no diodo, portanto, é possível considerar a tensão  $V_d = 0,7 V$  que é a tensão direta no diodo de silício quando conduz para o modelo ideal e para o projeto é importante manter  $V_r$  (tensão de ripple) próximo a 0 para ter o mínimo de ruído no sinal.

$$V_m = (V_p - 2 \cdot V_d) - \frac{V_r}{2} \quad (1)$$

Onde:

$V_m$ - Tensão média na carga.

$V_p$ - Tensão de pico de entrada.

$V_d$ - Tensão direta no diodo quando conduz. (0,7V para o modelo ideal)

$V_r$ - Tensão de ripple na saída da retificação.

Como o segundo termo da equação (2) é próximo de zero, pode-se desconsiderar a fim de cálculos iniciais, chegando na equação (3).

$$V_m = \sqrt{2}V_{rms} - 2 * 0,7 = \sqrt{2}V_{rms} - 1,4 \quad (2)$$

De acordo com Marques, Júnior e Cruz (2012) a fórmula para a tensão de ripple é representada pela equação (3):

$$V_r = \frac{V_m}{f \cdot RL \cdot C} \quad (3)$$

### 3.3 Microcontroladores e microprocessadores

Um microprocessador é um dispositivo eletrônico desenvolvido para realizar tarefas específicas, utilizando uma linguagem de comandos própria. Ele usa uma memória de Programa (ROM) para ler as instruções a serem executadas e uma Memória de Dados (RAM) para armazenar informações temporariamente enquanto elas são processadas. O microprocessador executa tarefas específicas gravadas na ROM e normalmente interage com o mundo exterior para detectar informações do ambiente e atuar nesse mesmo ambiente, como ler o teclado de um computador, acender uma lâmpada, imprimir em uma impressora, se comunicar com um PC, ligar/desligar motores, entre outras. (NICOLOSI, 2013).

O *hardware* interno do chip do microcontrolador tem mais funções que a do microprocessador. Na utilização de um microprocessador, é necessário outros *chips* externos para auxiliarem nas tarefas da ROM, RAM, *timers* para contar o tempo, entre outros. O microcontrolador normalmente já tem dentro dele esses *chip's*, é como se o microcontrolador fosse um microprocessador junto com os periféricos necessários para realizar as tarefas dentro de um *chip* apenas. (NICOLOSI, 2013).

#### 3.3.1 Microcontroladores PIC

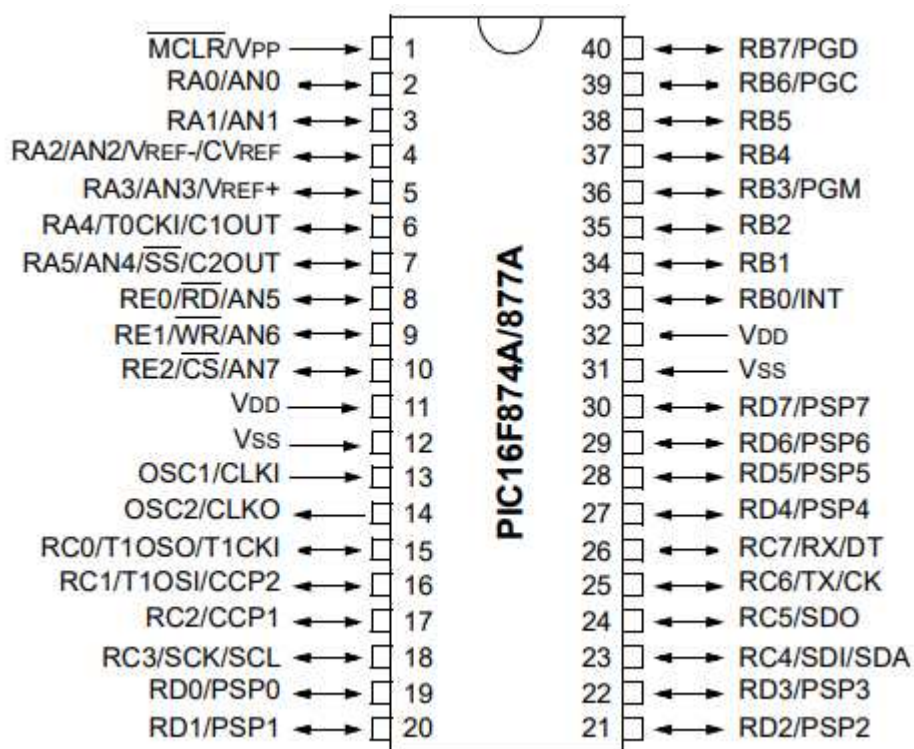
Os microcontroladores PIC da Microchip podem ser encontrados de 8 bits, 16 bits ou 32 bits e são extremamente confiáveis. Possuem um vasto material para consulta e de fácil acesso. Existem diversos modelos desse microcontrolador, encontram-se modelos com ADC, controlador de LCD, interface USB, oscilador interno e etc. (LETTIERI, 2009).

Para o processamento de dados utilizou-se o microcontrolador PIC16F877a da Microchip, pois atende as necessidades do projeto, é acessível, além de possuir uma arquitetura RISC, com frequências de *clock* de até 40 Mhz, até 2048k *word* de memória de programa e até 3968 *bytes* de memória RAM, 30 E/S digitais, além de diversos periféricos tais como: *TIMERS*, memória EEPROM, PWM, conversores A/D entre outros. (PEREIRA, 2007).

A maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado contam com compiladores em linguagem C, é bem usual a programação de microcontroladores PIC em linguagem C. Além disso é uma linguagem simples que permite uma

velocidade na hora de criar um projeto, oferece facilidades em sua portabilidade o que facilita a implementação e a adaptação de um sistema. Outra vantagem dessa linguagem é que o compilador realiza tarefas como operações matemáticas, controle e identificação das variáveis, sendo assim, o projetista necessita se preocupar apenas com o código. (PEREIRA, 2007). Na Figura 3 pode-se observar a pinagem do microcontrolador PIC16f877a.

Figura 3- Pinagem do microcontrolador PIC16f877a



Fonte: Microchip (2003)

### 3.4 IHM

A interface homem-máquina consiste num dispositivo que facilita a interação entre o usuário e o sistema. É uma das partes mais importantes do projeto, pois é nele que o usuário pode inserir dados por meio de um teclado, analisar os dados e tirar conclusões. O conceito de comunicação vai além da estética da tela, deve-se levar em conta questões como o grau de dificuldade de uso, tempo de resposta, rapidez no desempenho de tarefas. (SOUZA et al., 2010).

Os *displays* exibem dados detalhados em tempo real e permitem controlar os processos e etapas de uma indústria, por exemplo. A interface é composta por uma

tela que contém todas as funções que permitam que ações sejam realizadas. É importante que as interfaces possuam uma maneira simples de comunicação. (MATTEDE, 2014). Para uma comunicação mais simples é possível utilizar *displays* de segmentos, mas, para um projeto mais elaborado faz-se necessário o uso de um display mais poderoso como o *display* de crystal líquido, o LCD, pois nele é possível obter muito mais caracteres e são alfanuméricos. (SOUZA et al., 2010).

### 3.5 Potência e energia

A potência é proporcional à energia, quanto maior a potência de um equipamento em um determinado período de tempo, maior será a energia consumida. A energia no sistema internacional de unidade é expressa em Joule, porém na eletricidade usa-se o KWh, dessa maneira fica mais viável, pois 1KWh=3600KJ. A fórmula genérica para a energia é representada na equação (4). (ALEXANDER et al., 2013).

$$E = \int_0^T p(t)dt \quad (4)$$

Onde:

-  $p(t)$  é a forma de onda da potência e pode ser obtido multiplicando a forma de onda da tensão com a de corrente.

Segundo GUIMARÃES (2018) é possível encontrar a tensão eficaz de uma onda senoidal a partir da equação ((5)).

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V_p \sin(\omega t))^2 d\omega t} \quad (5)$$

Fazendo a demonstração a partir da equação (5):

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V_p \sin(\omega t))^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{V_p^2}{T} \int_0^T (\sin(\omega t))^2 d\omega t} = \\ &= \sqrt{\frac{V_p^2}{T} \int_0^T \frac{1}{2} (1 - \cos(2\omega t)) d\omega t} = \sqrt{\frac{V_p^2}{2T} \left( \int_0^T 1 d\omega t - \int_0^T (\cos(2\omega t)) d\omega t \right)} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{V_p^2}{2 \cdot 2\pi} (2\pi - 0)}$$

Considerando o período como  $2\pi$  chega-se na equação (6):

$$\frac{V_p}{\sqrt{2}} = V_{\text{rms}} \quad (6)$$

A equação (7) é fórmula genérica para a potência média. (ALEXANDER et al., 2013).

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) \cdot I(t) dt \quad (7)$$

Onde:

- $V(t)$  é a forma de onda de tensão na carga;
- $I(t)$  é a forma de onda da corrente;

Foi simulado no *software LTspice* o circuito da Figura 4 que é uma fonte de tensão alternada para uma carga resistiva linear.

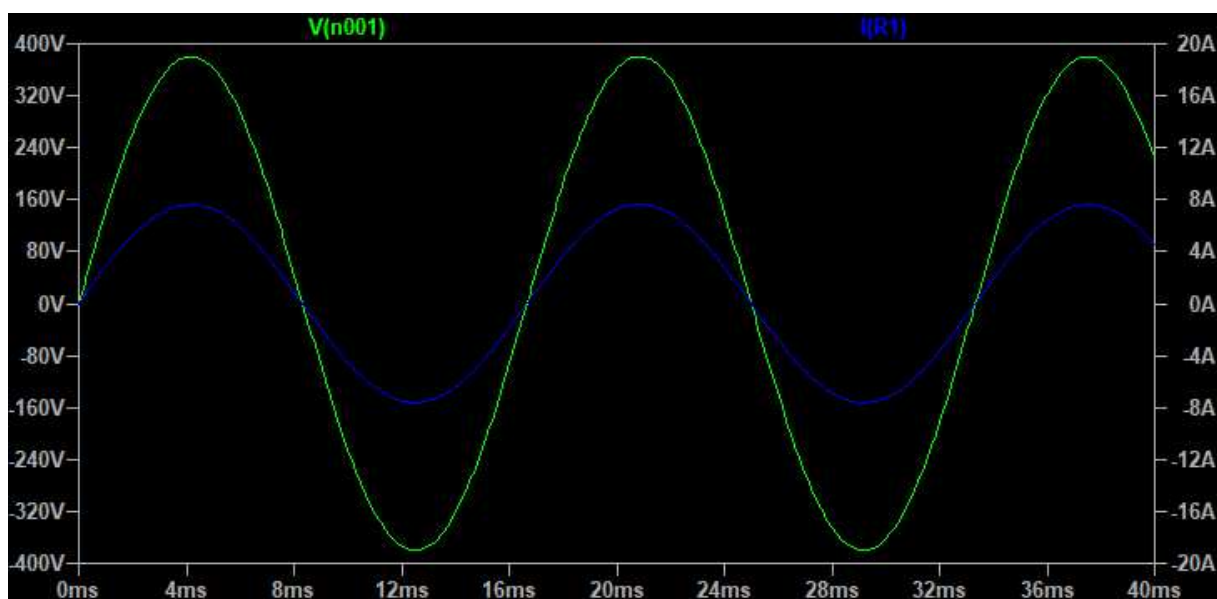
**Figura 4- Circuito de uma carga resistiva linear alimentado por uma fonte de tensão alternada**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Na Figura 5 é possível observar que o formato da onda da tensão é o mesmo que o da corrente, e por ser uma carga resistiva não possui defasagem entre tensão e corrente.

Figura 5- Forma de onda da corrente e tensão para uma carga resistiva linear



Fonte: Autoria própria (2023)

Como foi mostrado na Figura 5, é possível concluir que para cargas resistivas a defasagem das ondas é nula, desta maneira para achar a potência ativa basta multiplicar a tensão eficaz e a corrente eficaz.

### 3.6 Chuveiro elétrico

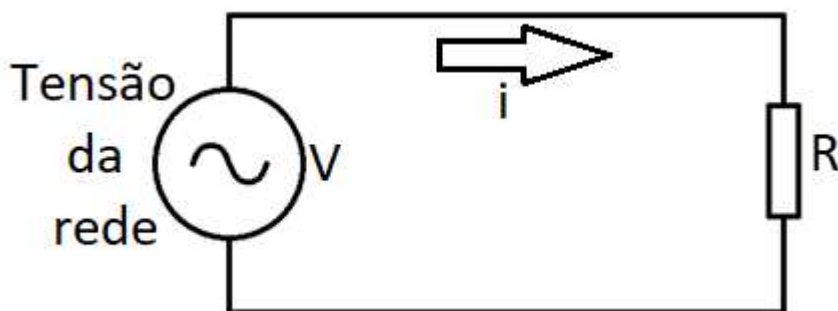
Chuveiros elétricos são muito utilizados no Brasil, principalmente na região sul e sudeste devido as temperaturas baixas no inverno. O chuveiro é construído basicamente de plástico e ligas metálicas. É possível entender o seu funcionamento a partir da lei de ohm representada na equação ((8)). (ALEXANDER et al., 2013).

$$V = R.I \quad (8)$$

Quando se aplica uma tensão sobre uma resistência (R) surge uma corrente (I) proporcional ao valor da tensão aplicada (V).

A Figura 6 simboliza um circuito equivalente ao chuveiro, a fonte de tensão  $V$  representa a energia fornecida pela concessionária,  $R$  é a resistência do chuveiro e  $i$  é a corrente elétrica, onde a potência pode ser encontrada a partir da equação (9). (ALEXANDER et al., 2013).

Figura 6- Circuito elétrico que exemplifica o chuveiro



Fonte: Autoria própria (2023)

$$P = V.I \quad (9)$$

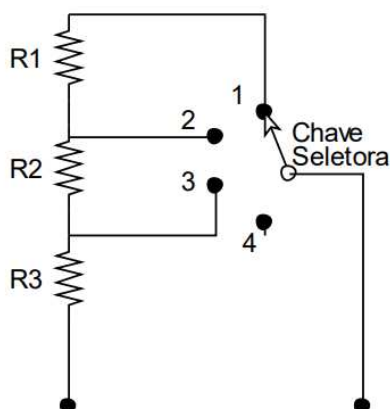
Uma resistência elétrica normalmente é construída por um fio que ao passar a corrente elétrica, essa resistência gera calor, fazendo com que a água que entra em contato com a resistência se aqueça. Resistências puramente resistivas não distorcem o formato da onda da tensão e por se tratar de uma carga resistiva não há defasagem entre elas. (GILI et al., 2012).

### 3.6.1 Controle de temperatura do chuveiro elétrico

Existem diversos modelos de chuveiros no mercado, um sistema bem utilizado para a mudança de temperatura ocorre de forma mecânica, onde um dispositivo seleciona o contato elétrico mudando a resistência por onde passa a corrente elétrica. Fazendo a análise da equação (8) e equação (9) entende-se que quanto menor a resistência maior será a potência para um mesmo valor de tensão, conseqüentemente a água irá aquecer. A Figura 7 representa esse sistema, onde se a chave seletora estiver no contato 3, a resistência menor será selecionada e, portanto, o chuveiro estará na potência máxima. A potência diminui conforme vai para

os contatos 2 e 1, cujo contato 4 representa que não tem nenhuma resistência conectada, então a água não terá mudança de temperatura. (GILI et al., 2012).

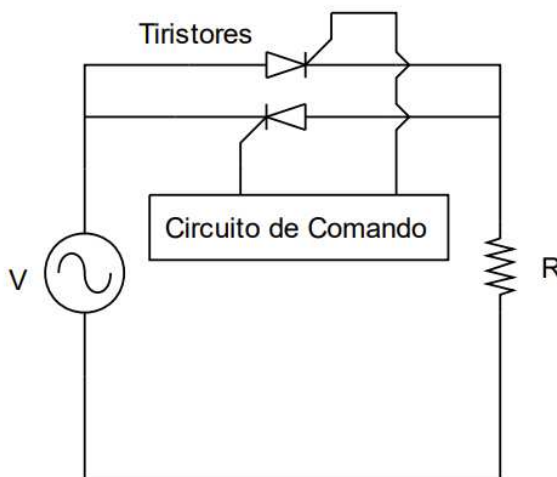
**Figura 7- Exemplo de resistência elétrica com seletor mecânico**



Fonte: Gili et al. (2012)

Outro método utilizado em chuveiros se dá por forma eletrônica, já que com o avanço da tecnologia os componentes eletrônicos ficam cada vez mais acessíveis e com capacidade elevada de condução de corrente. Esse método possui um circuito eletrônico como é possível analisar na Figura 8 e é conhecido como gradador ou *dimmer*. Ele controla a tensão eficaz na resistência do chuveiro, ou seja, nesse método a resistência não muda. Variando a tensão eficaz na carga é possível alterar a corrente e conseqüentemente a potência dissipada. (GILI et al., 2012).

**Figura 8- Circuito gradador para chuveiro**

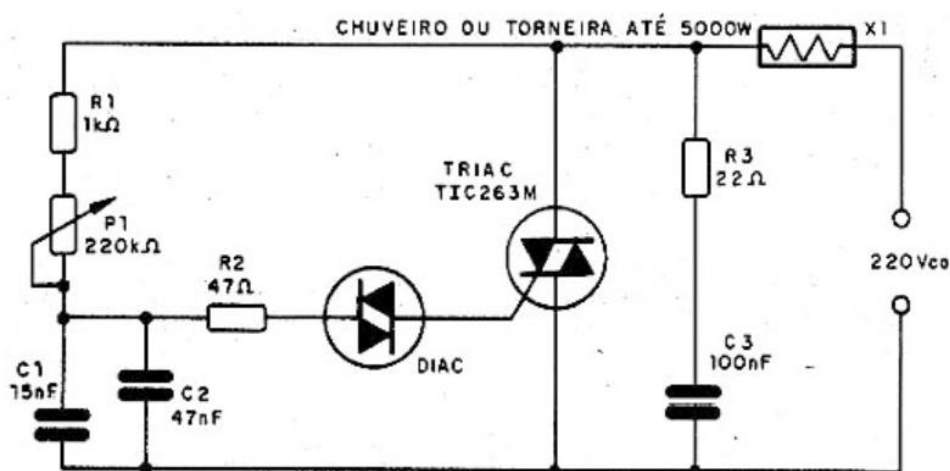


Fonte: Gili et al. (2012)



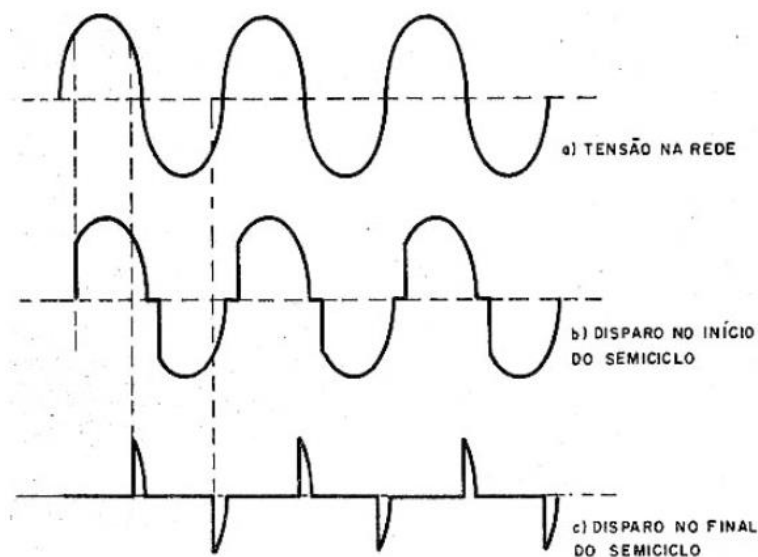
O circuito gradador ou *dimmer*, geralmente é constituído de um Triac e um Diac, onde através de um circuito de controle é possível ajustar o disparo do Diac fazendo o Triac conduzir, assim pode-se controlar o ângulo de disparo nos semiciclos da tensão alternada da rede de energia mudando a tensão eficaz na carga. (GILI et al., 2012). A Figura 9 representa um circuito com esse exemplo onde X1 seria a resistência do chuveiro, e através da variação do potenciômetro P1, a forma da onda de tensão na carga muda como é possível ver na Figura 10.

Figura 9- Circuito referente ao chuveiro eletrônico



Fonte: Braga (1996)

Figura 10- Formas de onda na carga em diferentes ângulos de disparo do Triac



Fonte: Braga (1996)

### 3.7 Chuveiros inteligentes

Algumas características de chuveiros inteligentes segundo alguns fabricantes são bastantes atrativas, dentre elas, LED que mudam a cor dependendo da quantidade de água que você consome, permite visualizar a quantidade de água e energia que está sendo consumida, há aplicativos disponíveis via iOS e Android para analisar o consumo de água, é possível também criar perfis para cada membro da família e acompanhar os gastos de cada um.

Um exemplo de chuveiro inteligente é o “MyShower” (Figura 11), que mostra no *display* a vazão de água e a temperatura da água durante o banho. Segundo LEITE (2015) esse chuveiro possui um sistema onde o usuário é capaz de escolher a temperatura da água. E também dá uma nota para o usuário através do *display* no fim do banho baseando-se na temperatura do banho utilizada e da vazão de água. A instalação é igual a de um chuveiro comum.

Segundo o diretor da fabricante, Régis Haubert, o chuveiro começou a ser desenvolvido em 2011 e entrou no mercado em 2013, ele diz que o chuveiro também é compatível com sistema de aquecimento a gás ou solar. Atualmente pode ser encontrado na internet por um custo elevado.

**Figura 11- Chuveiro inteligente "MyShower"**



**Fonte: G1 (2015)**

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao longo deste capítulo, será descrito detalhadamente o desenvolvimento do projeto, abordando a relação dos materiais necessários para a criação do protótipo do medidor. As etapas de desenvolvimento serão explicadas de forma a fornecer todas as informações necessárias para a construção do projeto.

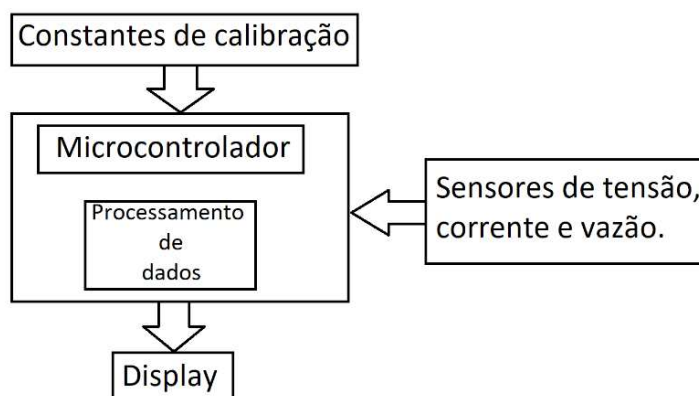
### 4.1 Desenvolvimento e implementação do protótipo

Foi elaborado um protótipo do medidor de energia para avaliar a corrente e tensão em um circuito monofásico. Realizou-se a programação para calcular a potência do aparelho conectado ao sistema. Com base nisso, obteve-se o valor de energia consumida neste equipamento durante um período específico.

O projeto foi realizado em duas etapas, uma sendo a montagem física e outra a programação. O objetivo do projeto consistia em construir um medidor de água e energia para chuveiro elétrico, composto por circuitos medidores, um microcontrolador PIC e um *display* LCD, o qual apresenta uma estimativa do preço do banho baseado no consumo e valor da tarifa da água e energia elétrica.

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo de medidor de energia usando sensor de corrente, tensão e um de vazão para medição do fluxo de água, além de teclado e LCD para entrada de dados e apresentação das informações, respectivamente, como é mostrado na Figura 12.

**Figura 12- Exemplo de um esquema de ligação para o medidor de energia**

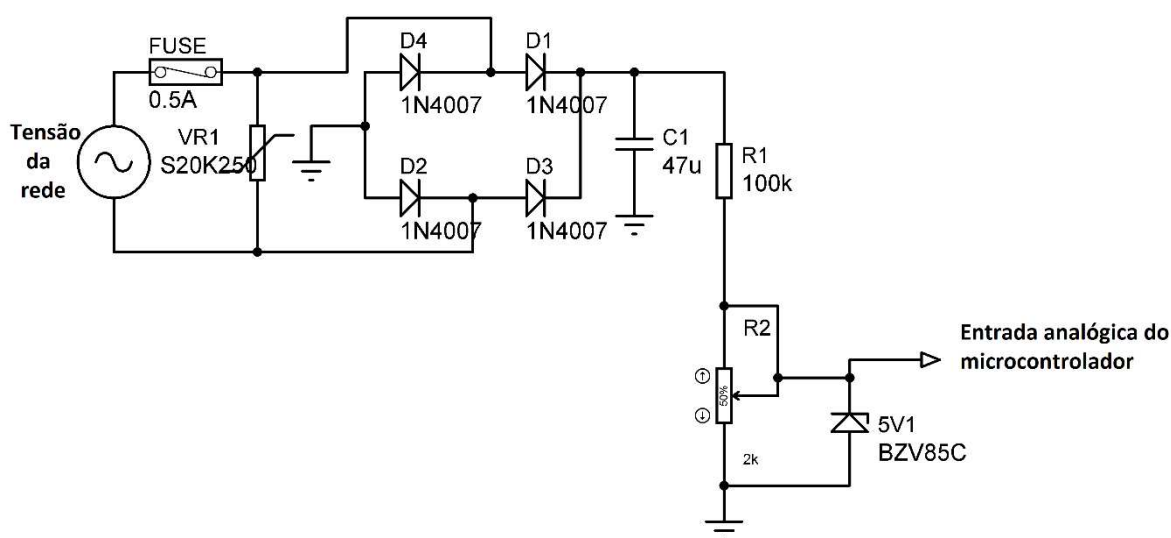


Fonte: Autoria própria (2023)

#### 4.1.1 Medidor de tensão

Para realizar a medição de tensão é preciso transformar a tensão alternada da rede em tensão contínua e reduzir o nível de tensão do sinal para o microcontrolador ser capaz de realizar essa leitura. Para isso foi utilizado um retificador de onda completa em ponte com diodos 1N4007. Para reduzir o nível de tensão, optou-se por empregar um circuito divisor de tensão, fazendo uso de um trimpot multivoltas de 2K ohms. Essa escolha foi feita devido à capacidade desse componente de proporcionar um ajuste preciso para a calibração do sensor, conforme ilustrado na Figura 13.

**Figura 13- Circuito medidor de tensão**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Como a impedância da carga é elevada, a corrente que circula no circuito é baixa e, portanto, foi usado um capacitor eletrolítico de 47µf de 400V na saída da ponte retificadora. Fazendo os cálculos da equação (3) chega-se em uma tensão de *ripple* de 8,69mV, sendo irrelevante na medição. O teste no *software* pode ser visto na Figura 16.

Segundo a tabela 3 da Resolução nº 505/2001 da Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica, para uma rede de 220 V, uma tensão adequada vai até 231 V para redes trifásicas e 229 V para redes monofásicas.

Para uma faixa de segurança maior, o medidor irá ler até 242 V nominal. Realizando o cálculo da equação (2) para uma tensão eficaz de 242 V, chega-se em  $V_m = 340,84 V$ . Como a máxima tensão de entrada no canal analógico do microcontrolador é 5V, foi escolhido um divisor de tensão utilizando valores de  $100K\Omega$  e um *trimpot* de  $2K\Omega$ .

Fazendo os cálculos da tensão de saída do circuito para 5V e de entrada 242V para o divisor de tensão:

$$5 = \frac{340,84 \cdot R_l}{(100k + R_l)} \quad (10)$$

Onde  $R_l$  equivale a parcela ajustável do *trimpot* de  $2K\Omega$ , chega-se em  $R_l = 1488,806\Omega$  que equivale à 74,44% do valor total, onde teoricamente a calibração se dá nesse valor.

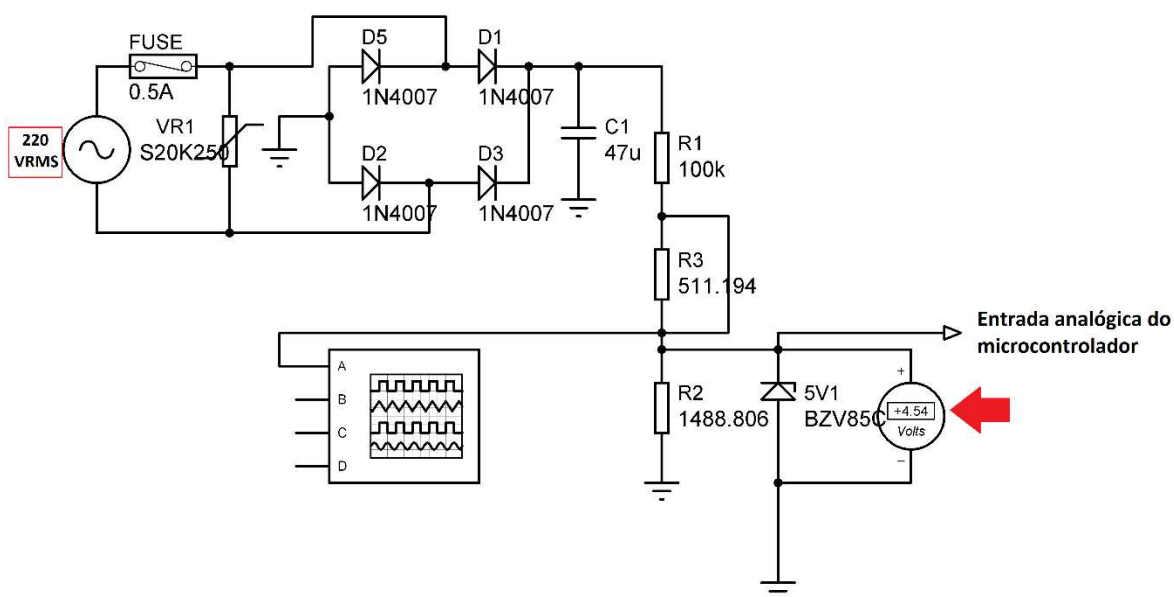
Dessa maneira conclui-se que a fórmula que deve ser colocada no código de programação se dá de acordo com a equação (11) e (12).

$$V_{pic} = \frac{\sqrt{2}V_{rms} - 2 \cdot V_d) \cdot 1488,806}{100k + 1488,806} \quad (11)$$

$$V_{pic} = 0,020746 \cdot V_{rms} - 0,020537 \quad (12)$$

A simulação foi feita no *software Proteus*, onde o *trimpot* foi simulado colocando 2 resistores em série com o valor já calculado de  $1488,806\Omega$  e  $511,194\Omega$ . Na Figura 14 foi simulado para uma tensão de rede de 220 Vrms, observa-se que no voltímetro marca 4,54V.

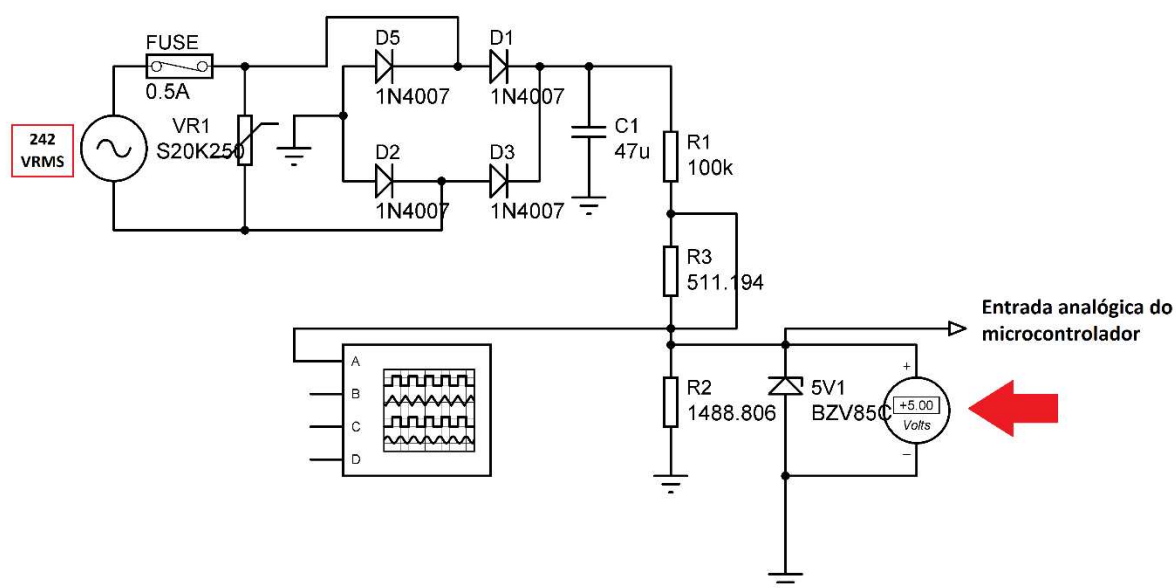
Figura 14- Simulação para o exemplo da tensão de rede igual à 220 Vrms



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 15 foi simulado para uma tensão de rede de 242 Vrms e no voltímetro marca 5V, ambos os valores estão de acordo com a equação (12).

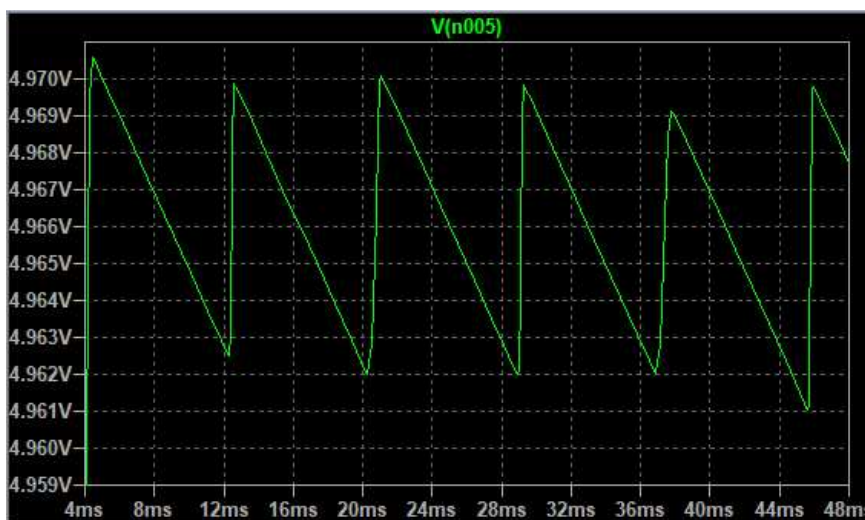
Figura 15- Simulação para o exemplo da tensão de rede igual à 242 Vrms



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 16 é possível ver o sinal do osciloscópio simulado com o circuito conectado à rede com 242 Vrms, observa-se que o sinal apresenta uma tensão de *ripple* de 7,95mV, cujo valor está próximo ao valor calculado através da equação (3) que foi de 8,69mV.

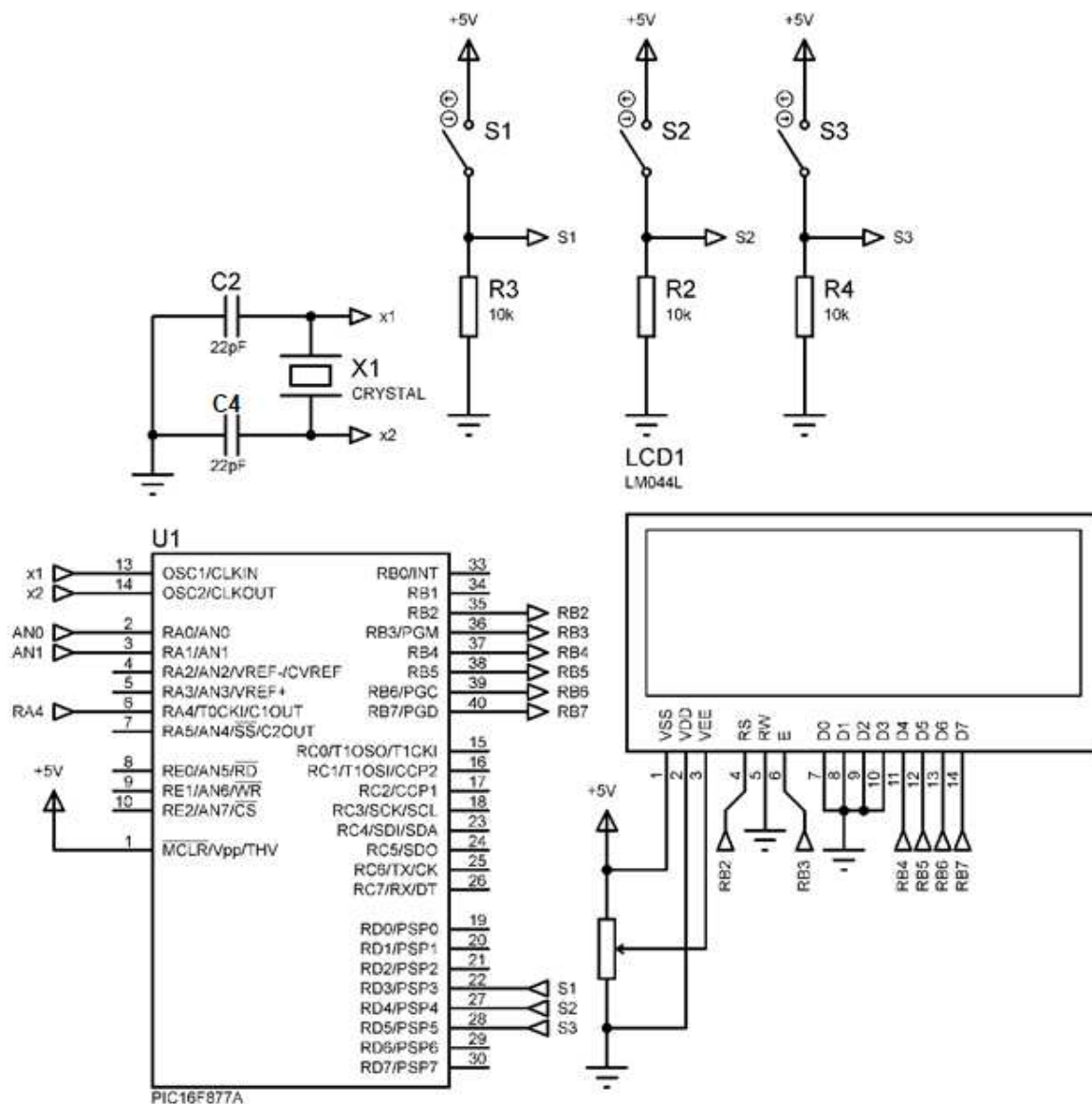
**Figura 16-** Sinal do osciloscópio na entrada analógica do microcontrolador para uma tensão de rede igual à 242 Vrms



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 17 e Figura 18 é possível ver o diagrama geral do protótipo, foi dividido em duas imagens para uma melhor apresentação visual.

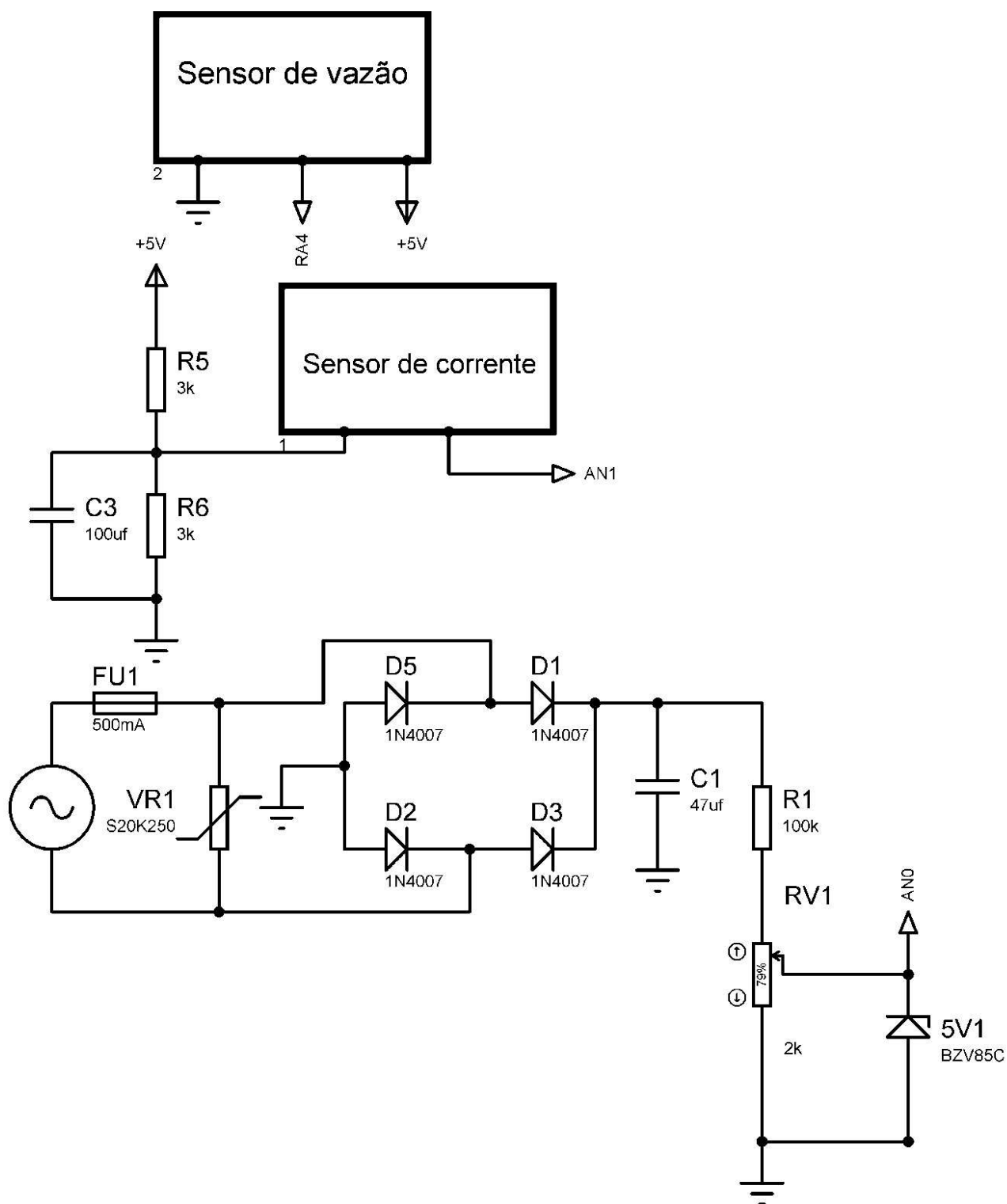
Figura 17- Diagrama geral do protótipo



Fonte: Autoria própria (2023)



Figura 18- Diagrama geral do protótipo



Fonte: Autoria própria (2023)

#### 4.1.2 Medição de corrente

Para a medição de corrente foi utilizado um sensor de corrente SCT-013-030 (Figura 19) YHDC (até 30 A). Este sensor é do tipo transformador de corrente, e é possível realizar o controle e a monitorização de sistemas elétricos, bem como a proteção de motores CA, iluminação e outros sistemas. Ele vem com dois fios conectados diretamente a um *plug* P2, que pode ser removido e usado diretamente para um projeto. A operação deste sensor é feita de forma simples, assim como um alicate amperímetro, sendo necessário apenas envolver um dos cabos de energia do equipamento.

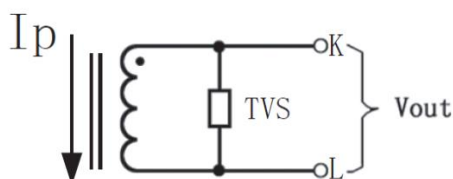
Na sua saída existe um resistor como é mostrado na Figura 20, dessa maneira ele gera uma tensão senoidal na saída de 0V à 1V eficaz com o valor *offset* igual à 0V, sendo que se estiver lendo 30A terá na saída 1Vrms e se estiver lendo 0A terá 0Vrms sendo que essa relação é linear podendo variar apenas  $\pm 3\%$  segundo o *datasheet*. Para o microcontrolador ler esse sinal é preciso mudar o *offset*, ou seja, fazendo com que ele varie somente acima do eixo das abscissas, como é possível ver na Figura 22.

**Figura 19- Sensor de corrente SCT-013-030**



Fonte: YHDC (2015)

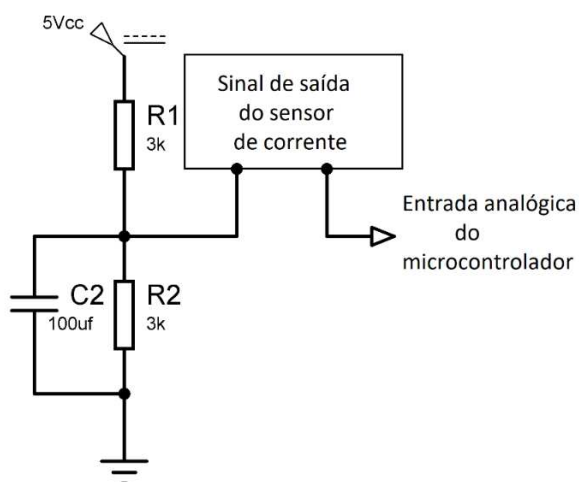
Figura 20- Esquema do sinal de saída do sensor de corrente SCT-013-030



Fonte: YHDC (2015)

Segundo COSTA (2016) é possível utilizar um circuito baseado em um divisor de tensão para produzir essa mudança de *offset*, como é mostrado na Figura 21, onde o capacitor serve apenas para tirar o ruído do sinal.

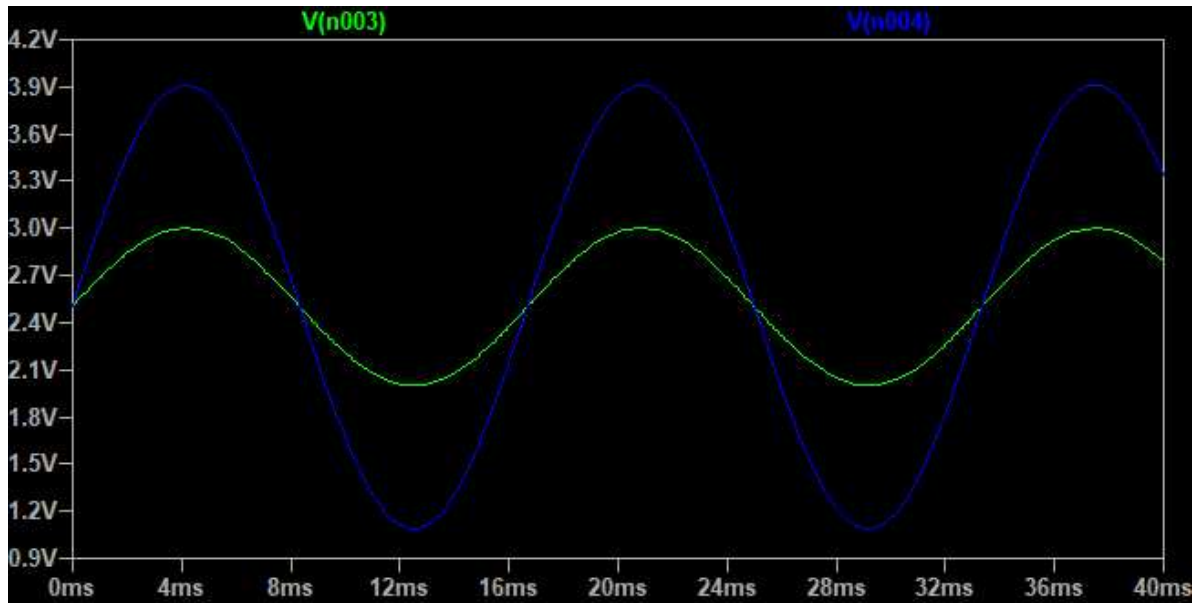
Figura 21- Circuito medidor de corrente



Fonte: Autoria própria (2023)

Fazendo a simulação do circuito da Figura 21 no *software* LTspice, encontra-se os sinais mostrados na Figura 22, onde o sinal V(n004) é para uma tensão de saída do sensor de 1Vrms e o sinal V(n003) é para uma tensão de 0,35Vrms, ou seja, uma tensão de pico de 1,414V e 0,5V respectivamente. Percebe-se que o *offset* dos sinais muda e agora varia somente positivamente. É possível perceber que a amplitude muda de acordo com a corrente mensurada, e através da tensão de pico a pico do sinal será possível realizar a leitura da corrente como mostra a equação ((13).

Figura 22- Sinal do circuito da Figura 21 para leitura de valores diferentes de correntes



Fonte: Autoria própria (2023)

$$V_{pp} = \frac{I_{rms}}{30} \sqrt{2} \cdot 2 = \frac{I_{rms} \sqrt{2}}{15} \quad (13)$$

#### 4.1.3 Medição da vazão de água

Para medição de vazão de água foi utilizado o sensor YF-S201, representado na Figura 23. Ele consiste em um rotor em formato de cata-vento com um ímã acoplado trabalhando junto com um sensor de efeito hall. A velocidade angular do rotor varia de acordo com o fluxo de água. O sensor de efeito hall embutido no sensor gera um sinal de saída pulsante (PWM), ou seja, quanto maior for a frequência (Hz) do sinal maior será a vazão de água (Litros/hora), como mostra a Tabela 1. Em relação à coloração dos fios, o fio vermelho corresponde à alimentação de (5Vcc-18Vcc), o preto à terra e o amarelo à saída do sinal PWM.

Tabela 1- Valores de vazão relacionados com a frequência do sinal de saída

Vazão (Litros/hora)	Frequência (Hz)
120	16
240	32.5
360	49.3
480	65.5
600	82
720	90.2

Fonte: YIFA (2015)

Figura 23- Sensor YF-S201



Fonte: Sea (2022)

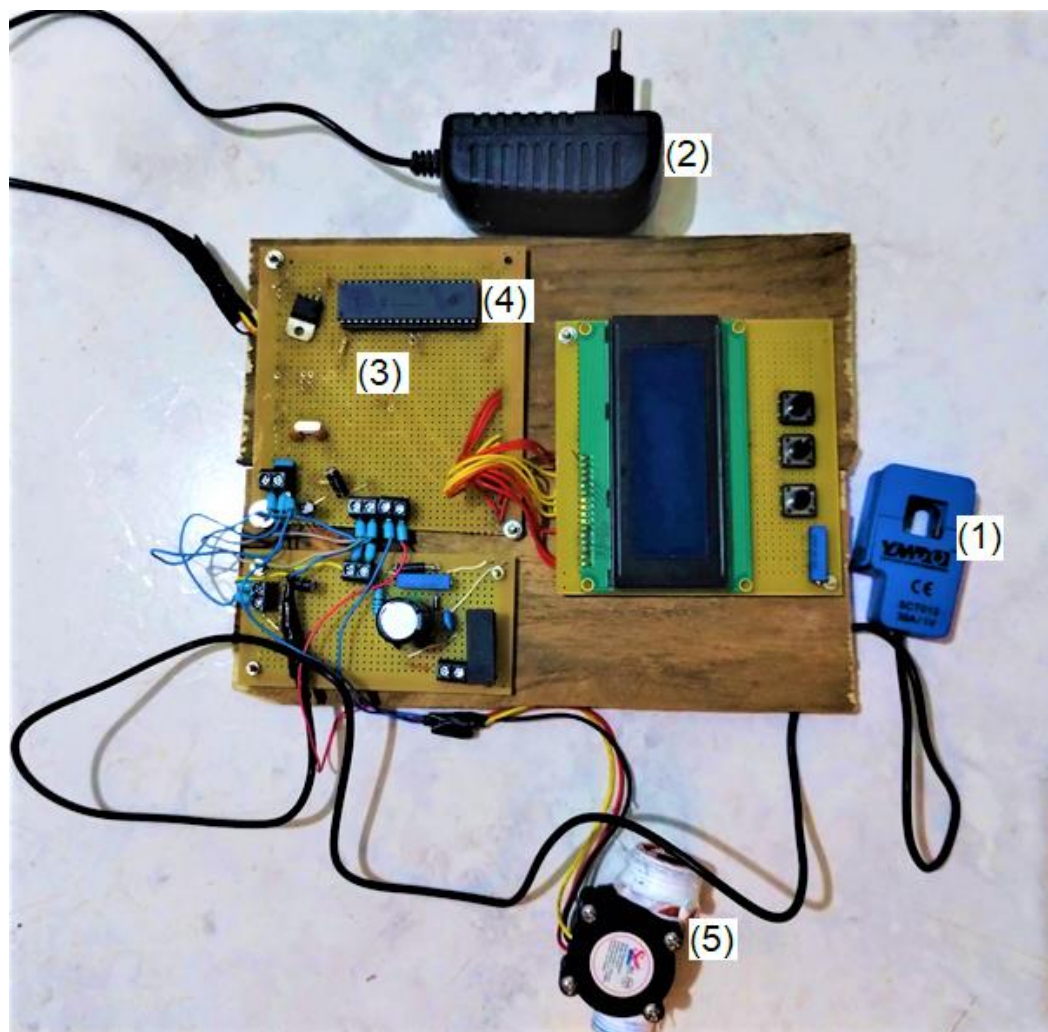
## 5 RESULTADOS

Para a confecção física do protótipo, foi utilizada uma base de madeira para a instalação dos acessórios, sendo eles: o Sensor de Corrente (1), Fonte de Alimentação (2), Placa Perfurada Padrão (3), Microcontrolador (4) e Sensor de Vazão (5). A Figura 24 representa a montagem final do protótipo.

Para a programação foi utilizado o *software PCW PICC Compiler* que é um compilador de microcontroladores PIC em linguagem C. Para a gravação foi utilizado o gravador PICkit 3.

Nas seções seguintes, serão apresentados os resultados e os detalhes de todas as etapas para o desenvolvimento do protótipo apresentado na Figura 24.

Figura 24- Diagrama geral do protótipo



Fonte: Autoria própria (2023)

### 5.1 Circuitos medidores

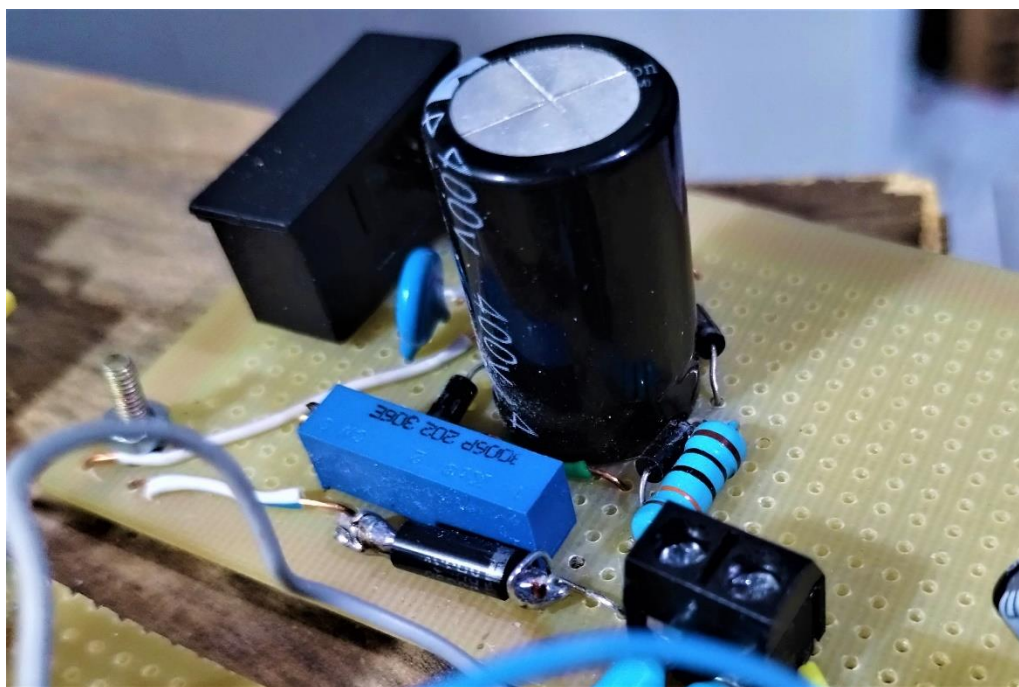
A fim de realizar uma medição adequada da energia elétrica, é necessário mensurar tanto a corrente quanto a tensão elétrica. Para tal, foram realizadas análises detalhadas a fim de avaliar o custo e a simplicidade do desenvolvimento. Para a medição da água foi empregado um sensor de vazão de efeito Hall YF-S201, enquanto que o sensor SCT-013-030 foi utilizado para a medição da corrente. Por fim, a medição de tensão foi obtida por meio de um sensor construído com componentes eletrônicos. Para a alimentação foi utilizada uma fonte de tensão contínua de 12V e um regulador de tensão de 5Vcc para alimentar o microcontrolador, o sensor de vazão e o sensor de corrente.

### 5.1.1 Montagem e testes em bancada

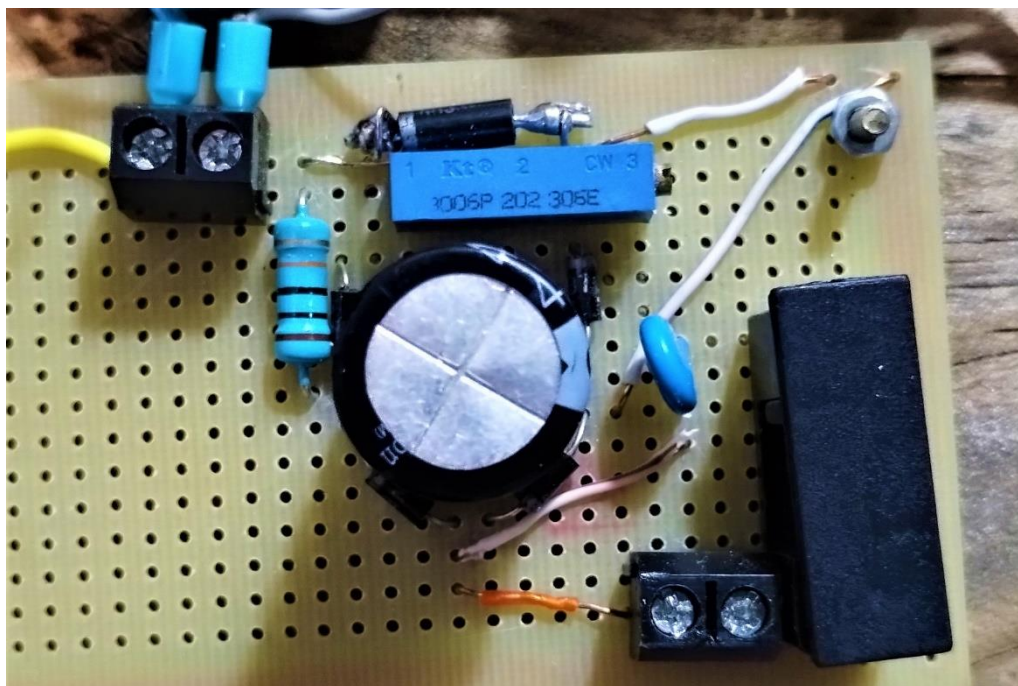
#### 5.1.1.1 Medição de tensão

Depois da aquisição dos componentes eletrônicos, foi iniciado a montagem do sensor de tensão na placa perfurada padrão seguindo o diagrama já mostrado na Figura 13. Na Figura 25 e Figura 26 é possível analisar a ponte retificadora com os diodos 1n4007, o capacitor eletrolítico para filtragem, o fusível, varistor e o diodo zener fazendo papéis de componentes de proteção, o circuito divisor de tensão com o resistor de 100k $\Omega$  e o trimpot multivolts de 2k $\Omega$ . Foi utilizado bornes duplos para otimizar a instalação dos cabos tanto da tensão da rede quanto do sinal que comunica com o microcontrolador.

**Figura 25- Circuito sensor de tensão vista lateral**



Fonte: Autoria própria (2023)

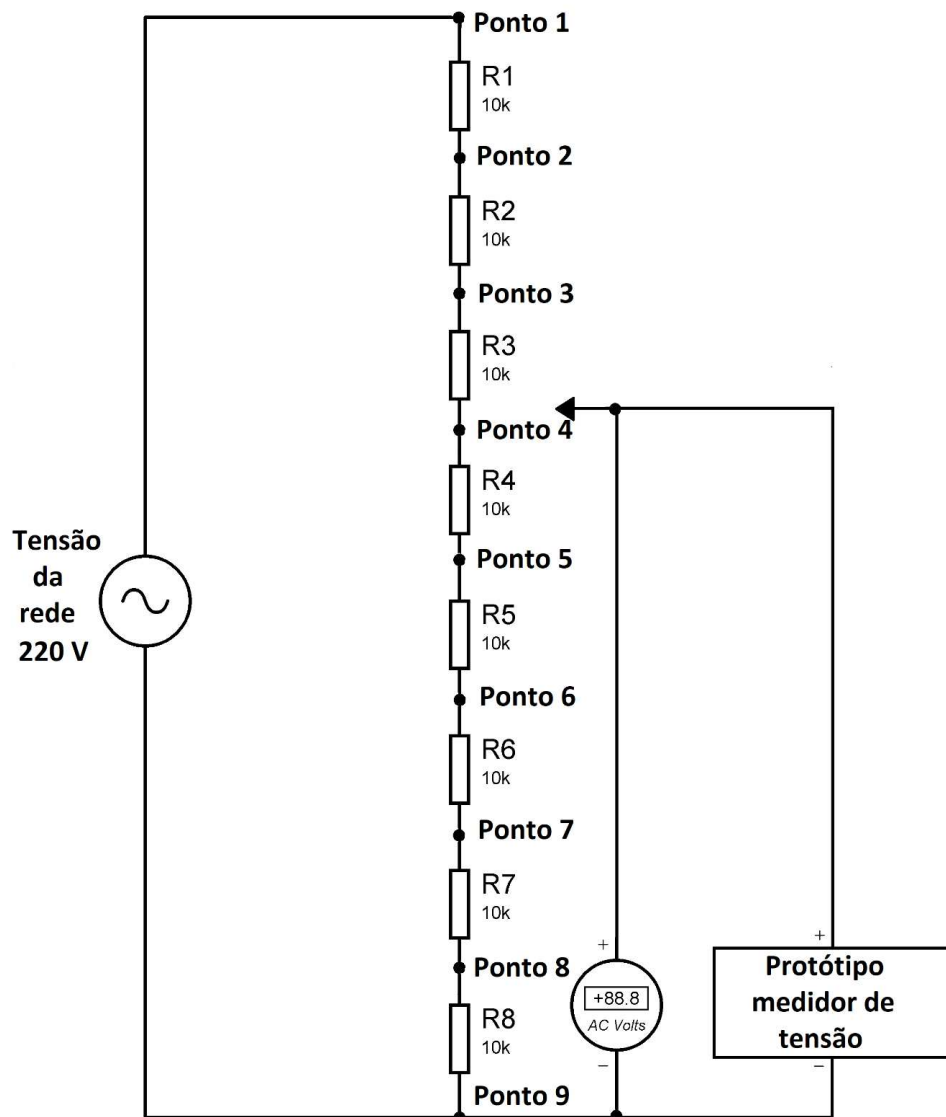
**Figura 26- Circuito sensor de tensão vista superior**

Fonte: Autoria própria (2023)

Para fazer a calibração foi colocado 8 resistores de  $10k\Omega$  em série e realizada a medição com o protótipo e um alicate amperímetro da Minipa ET-3200 selecionado para medir tensão (Figura 28 e Figura 29) nos mesmos pontos do circuito seguindo o diagrama esquemático da Figura 27, conseqüentemente, foi coletado os valores de tensão em cada ponto e feita a análise no Excel da linha de tendência, observa-se na Figura 30 o gráfico da relação do valor de tensão medido pelo protótipo e do valor de tensão medido pelo multímetro, sendo que, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é bem próxima de um, ou seja, os dados estão bem próximos da linha de regressão ajustada, e a mesma foi utilizada na linguagem de programação.

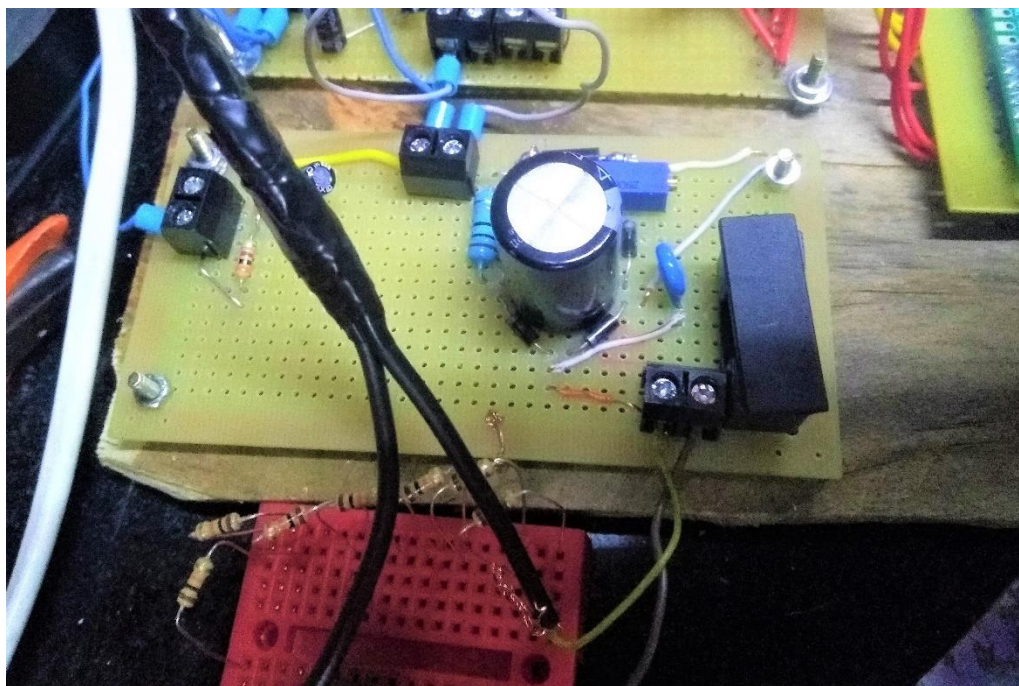


Figura 27- Diagrama esquemático para a calibração



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 28- Coleta de dados para calibração

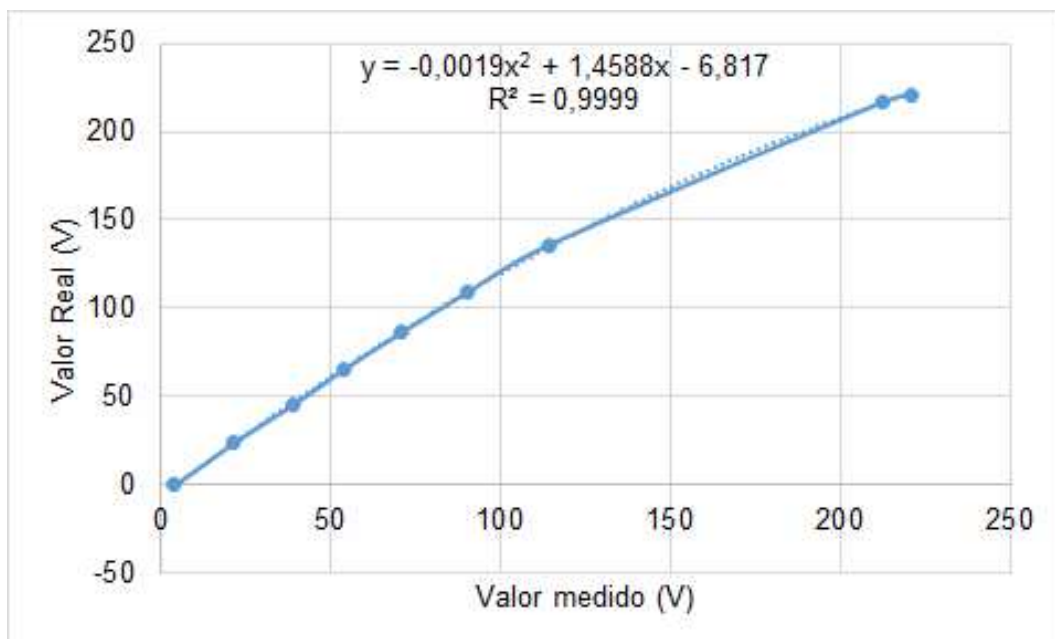


Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 29- Coleta de dados para calibração



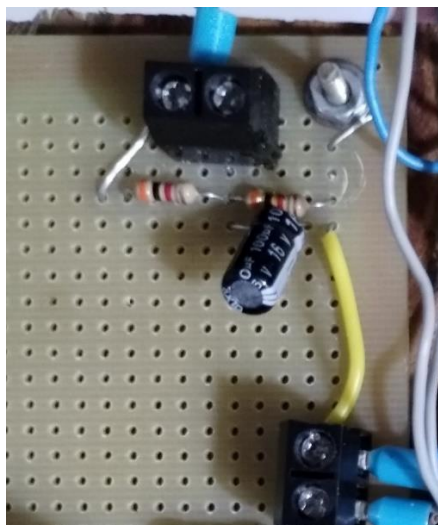
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 30- Relação do valor real e valor medido**

Fonte: Autoria própria (2023)

#### 5.1.1.2 Medição de corrente

Após as simulações, foi iniciado a montagem do circuito medidor de corrente. Na Figura 31 é possível ver o circuito montado de acordo com o diagrama da Figura 21. Foi utilizado bornes duplos para otimizar a instalação dos cabos tanto da tensão de alimentação de 5Vcc quanto do sinal que comunica com o microcontrolador.

**Figura 31- Circuito medidor de corrente**

Fonte: Autoria própria (2023)

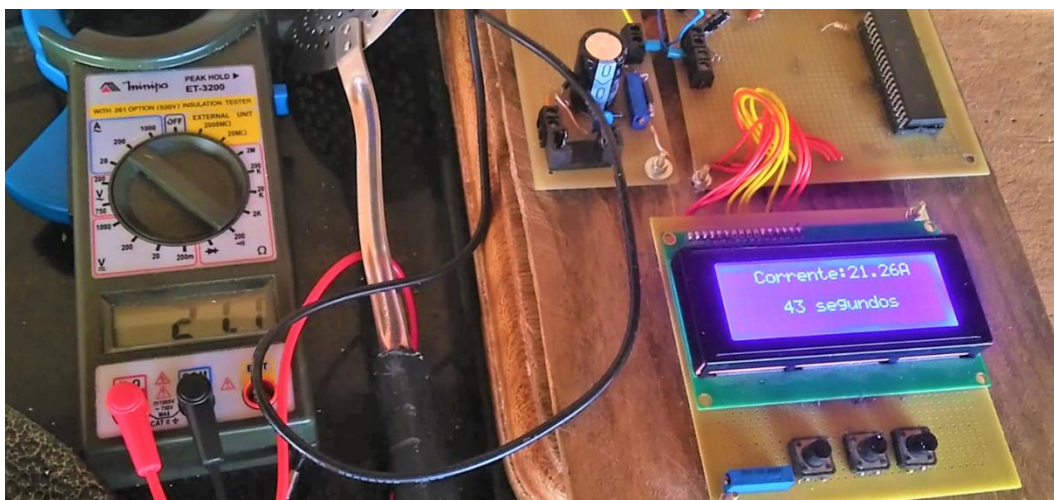
Para realizar a calibração foi utilizado uma torneira elétrica como carga e um alicate amperímetro ET-3200 da Minipa selecionado para medir a corrente. Na Figura 32 e Figura 33 é possível ver esse teste sendo realizado.

**Figura 32- Coleta de dados para calibração**



Fonte: Autoria própria (2023)

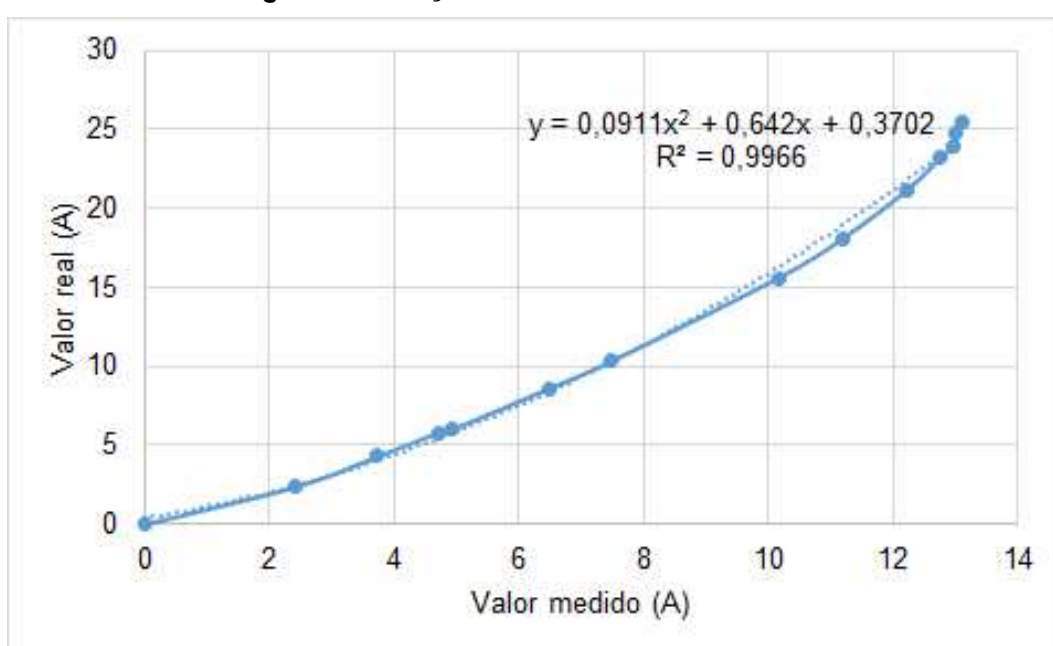
**Figura 33- Coleta de dados para calibração**



Fonte: Autoria própria (2023)

Foram coletados 14 valores de corrente para realizar a calibração, conseqüentemente foi feita a análise no Excel da linha de tendência, é possível observar na Figura 34 o gráfico da relação do valor de corrente medido pelo protótipo (valor medido) e do valor de corrente medido pelo alicate amperímetro (valor real), sendo que, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é bem próxima de um, ou seja, os dados estão bem próximos da linha de regressão ajustada, e a mesma foi utilizada na linguagem de programação.

**Figura 34- Relação do valor real e valor medido**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

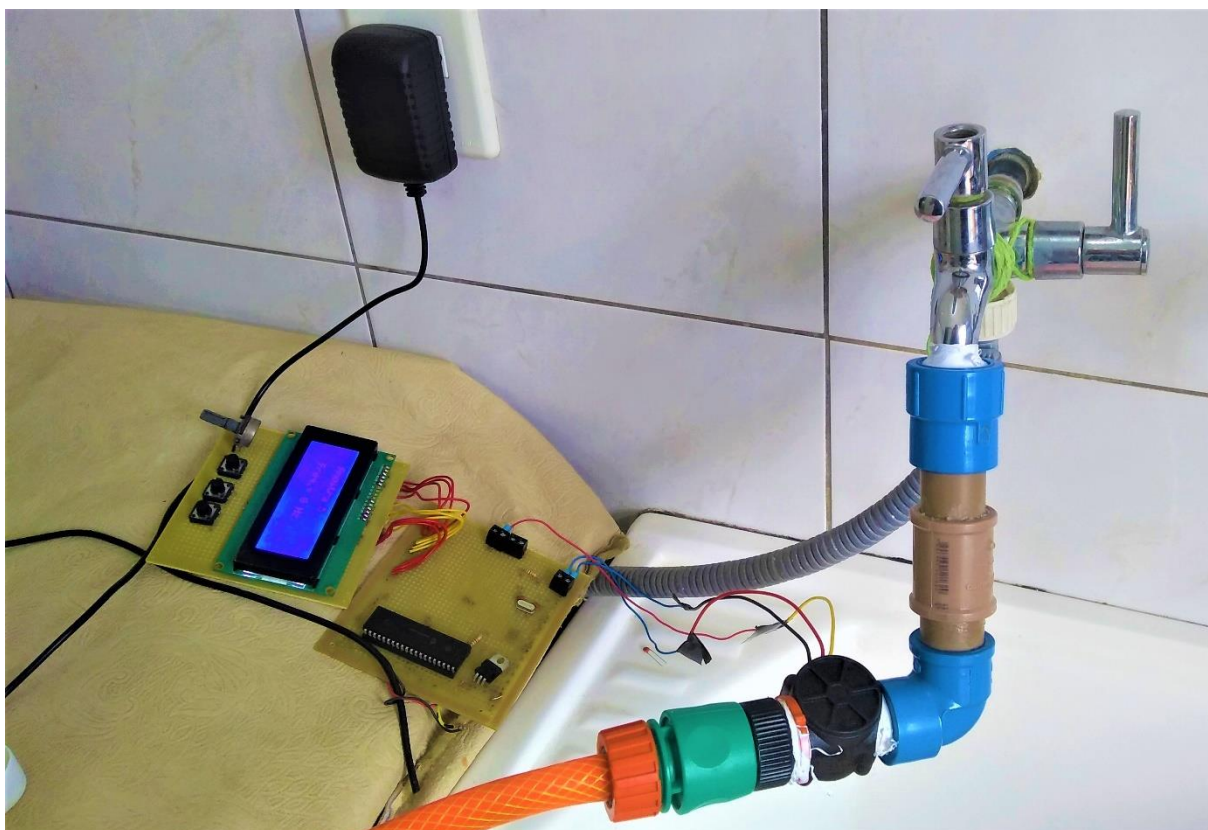
### 5.1.1.3 Medição da vazão de água

Inicialmente foi executado um teste com o sensor, implementou-se um código no microcontrolador para medir a frequência do sinal PWM do sensor de vazão em quanto ele estava operando, para isso, foi utilizado uma interrupção externa do microcontrolador no código para realizar a medição de frequência, para assim, comparar os valores medidos com os valores apresentados pelo *datasheet* (Tabela 1). Na Figura 35 é possível ver esse teste sendo realizado, uma das extremidades do sensor foi conectada em uma torneira e a outra em uma mangueira de modo a encher um balde, sendo que com o volume do balde e o tempo que o balde enche era possível tirar a média da vazão da torneira naquele momento. A torneira possui um sistema de

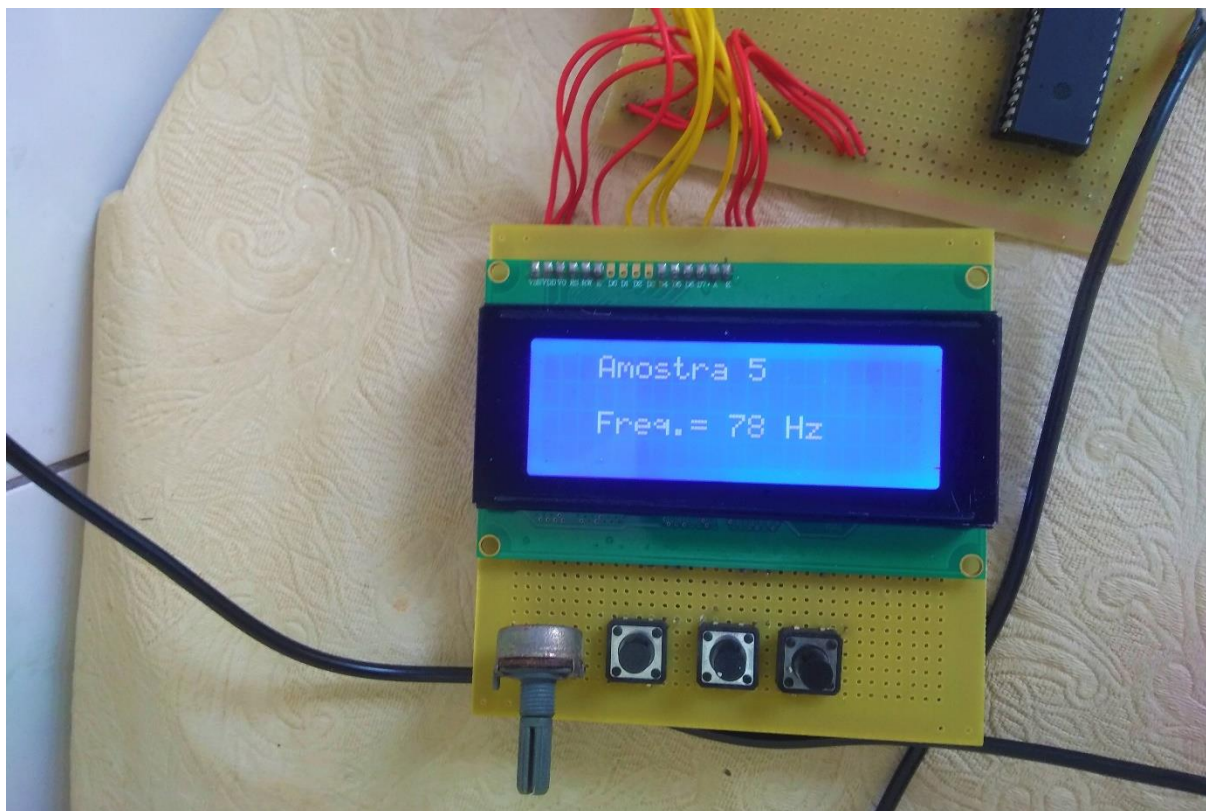
registro de alavanca de  $\frac{1}{4}$  de volta, que permite ajustar à diferentes níveis de fluxo de água.

Diversas amostras foram coletadas, com o registro da torneira sendo aberto em um nível progressivamente mais alto, tendo início em um nível muito reduzido e terminando no nível mais elevado. Na Figura 36 pode ver o exemplo de uma amostra sendo coletada.

**Figura 35- Teste sendo realizado**



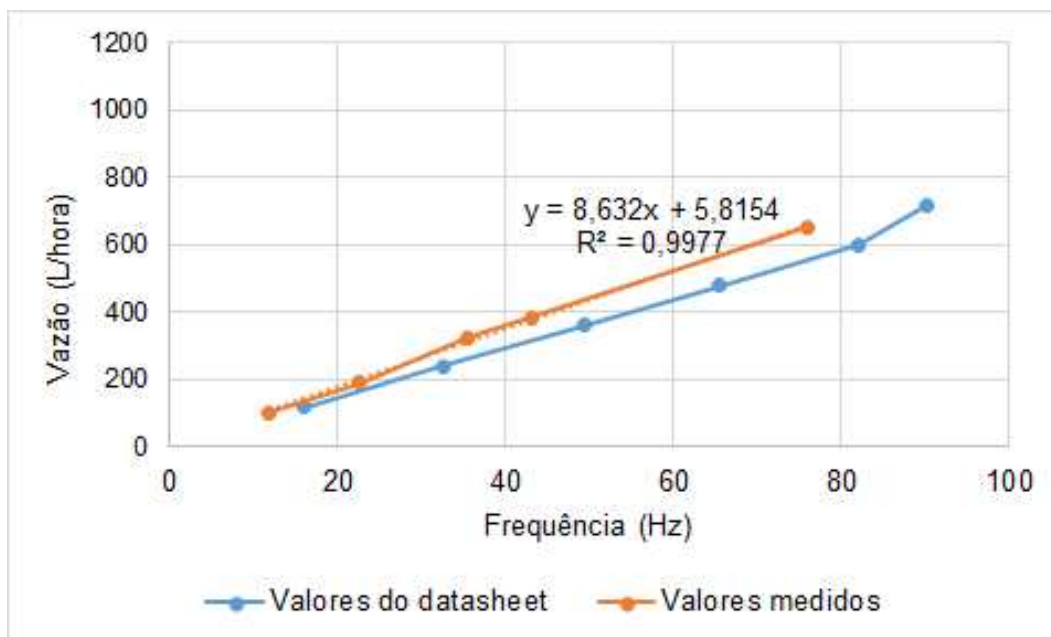
**Fonte: Autoria própria (2023)**

**Figura 36- Amostra 5 sendo coletada**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

No gráfico da Figura 37 é possível analisar o gráfico dos valores plotados da Tabela 1 com os valores coletados no teste prático, observando a proximidade das curvas, percebe-se que os valores apresentados no datasheet são confiáveis.

A análise realizada no Excel da linha de tendência dos valores medidos no teste prático indica que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é próximo a um, indicando que os dados estão bem próximos da linha de regressão ajustada. Esta foi aplicada na linguagem de programação.

**Figura 37- Relação dos valores coletados na prática com os valores do datasheet**

Fonte: Autoria própria (2023)

O código implementado mede a frequência do sinal PWM do sensor por meio de uma interrupção do microcontrolador, assim, pela equação previamente estudada, é possível calcular a vazão. Com essa informação, é possível obter a média da quantidade de água em um segundo. Essa quantidade é somada a cada segundo para obter a quantidade total de água.

Após a implementação do código, foi realizado um teste para mensurar com precisão a quantidade de água, sendo utilizado para tal um balde de 7,7 litros. O recipiente foi preenchido com vazão variável disponibilizada pela torneira, permitindo assim a comparação entre a quantidade real de água (7,7L) e a quantidade computada pelo microcontrolador. Foram coletadas 6 amostras para diferentes níveis de vazão, ou seja, diferentes níveis de frequência. Os resultados obtidos foram apresentados na Tabela 2.



**Tabela 2- Valores computados pelo microcontrolador**

Volume (Litros)	Frequência (Hz)
7,3	9
7,22	13
7,43	27
6,98	45
7,17	64
7,45	77

Fonte: Aatoria própria (2023)

Foi calculado o erro médio dos valores medidos pelo sensor em comparação com o valor real (7,7L), houve um erro médio inferior a 5,71%, esse valor foi implementado no código para deixar os valores mais próximos do real. Fazendo o cálculo após o ajuste do erro, o maior erro seria de 4,17% que está dentro da porcentagem fornecida pelo *datasheet* (5%), e o menor computado foi de 1,71%.

## 5.2 Display LCD

Para o projeto foi utilizado o LCD da Hitachi, pois tem baixo custo, a comunicação com o microcontrolador é feita de forma simples, a comunicação visual é eficaz e atraente. Como o LCD ficará interligado com o microcontrolador, o uso do display é favorável, é possível produzir diversos tipos de controle com o LCD utilizando o microcontrolador PIC.

Informações dos valores de consumo de água, energia são apresentados em um display alfanumérico. Para o projeto, foi empregado um modelo padrão de 20 colunas e 4 linhas, com cor azul, conforme mostrado na Figura 38.

**Figura 38- Display LCD**

Fonte: Aatoria própria (2023)

Mediante os botões demonstrados na Figura 24 situados abaixo do *display*, o usuário tem a possibilidade de navegar por meio da configuração. Dessa forma, é necessário inserir os valores correspondentes à conta de energia e água, bem como o montante consumido respectivamente em kWh e metros cúbicos. Desse modo, é possível realizar a média e obter o valor estimado a ser pago, abrangendo tanto a água consumida quanto a energia utilizada e o valor em reais do banho. Na Figura 39 é possível ver um teste sendo realizado.

**Figura 39- Programa sendo executado**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

## 6 CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um protótipo de medidor usando o microcontrolador PIC16f877a, sensor de vazão YF-S201, sensor de corrente SCT-013-030, onde foi necessário levantar a reta de tendência para cada tipo de sensor, dessa maneira foi possível comparar os dados fornecidos pelo fabricante. O coeficiente de determinação para o sensor de corrente, vazão e tensão foi de 0,9966, 0,9977, 0,9999, respectivamente, cuja equação foi implementada no microcontrolador para realizar as medições necessárias.

Embora os testes tenham sido realizados em uma torneira elétrica devido a facilidade de implementação e manipulação do protótipo, os resultados estão de acordo com a proposta do trabalho, pois o dispositivo foi capaz de realizar a leitura da corrente, tensão e vazão de água com um erro máximo de 4,17% apresentando dados de consumo em um display alfanumérico, cujo valor estimado apresentou-se estável e coerente, onde foi possível realizar comparações com os equipamentos e métodos de medição utilizados.

Devido às dificuldades encontradas na obtenção de um medidor de energia, não foi possível realizar uma comparação precisa dos dados de energia. Essa limitação abre espaço para futuras melhorias e aprimoramentos em projetos subsequentes, visando a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis.

O projeto de medição de água e energia de um chuveiro elétrico foi concluído, alcançando as metas propostas. O microcontrolador PIC16F877A, o sensor de vazão YF-S201 e o sensor de corrente SCT-013-030 foram usados para fornecer os dados necessários para calcular a quantidade de água e energia consumidas no banho, bem como estimar o preço em reais do banho.

Para a calibração da medição de corrente, tensão e vazão de água, foi implementado um sensor de tensão com diodos 1N4007 e um trimpot multivoltas de 2K ohms. Foi utilizado ferramentas para aplicar a linha de tendência e obter resultados o mais próximos possível da realidade. O *display* LCD azul de 20 linhas por 4 colunas foi usado para exibir os resultados. O projeto teve êxito, pois foi possível medir a quantidade de água e energia consumida.

A tecnologia desenvolvida neste projeto pode ser aplicada em outras aplicações, como o monitoramento da água e da energia em residências. Porém, há espaço para melhorias, como o armazenamento dos dados periodicamente para que

seja possível acompanhar o consumo de água e energia ao longo do tempo, e o design deve ser otimizado para reduzir o custo e o tamanho, bem como aprimorar a interface de usuário. Além disso, a implementação dos resultados em aplicativo pode ser considerada para a visualização dos valores pelo celular.

## REFERÊNCIAS

PROCEL. *In: Pesquisa de posse e hábitos de uso de equipamentos elétricos na classe residencial 2019*: Consumo por equipamento. Brasil, 2019. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>. Acesso em: 13 jun. 2023.

COPEL. *In: A eletricidade*: Energia elétrica. Brasil, 31 jan. 2001. Disponível em: <https://www.copel.com/site/educacao/a-eletricidade/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

PASE HIDROMETRIA. *In: Como é o consumo de água no dia-a-dia*: Compreendendo o seu próprio consumo de água. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www2.pasehidro.com.br/consumo-agua/>. Acesso em: 26 nov. 2022.

COSTA, A. P.; SERMANN, F. C.; SILVA, G. G. **Desenvolvimento de um protótipo para medição de energia elétrica**. 2016. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MELLA, M. J. **Medidor de energia elétrica por eventos**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2019.

NETO, D. P. **Avaliação de Desempenho de Medidor Monofásico de Energia Elétrica do Tipo Indução Operando com Cargas Residenciais**. 2010. 3 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, UFG, Goiânia, 2010.

SILVA, L. A. S. **Medidor de consumo elétrico residencial através de microcontrolador PIC**. 2008. 2008 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Computação, Fatecs, Uniceub, Brasília, 2008.

LEAL, J. W. P. et al. **Sistema computadorizado para aferição e calibração de medidores de energia elétrica**. 1997.

GILI, L.; BUERGER, R.; GILI, C.; OLIVEIRA, S.; PÉRES, A. **CHUVEIROS ELETRÔNICOS: CONHECER PARA TER CONSCIÊNCIA**. 2012. 8 p. Dissertação (Engenharia) - Universidade Regional de Blumenau, Belém- Pará, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Adriano-Peres/publication/280134246\\_CHUVEIROS\\_ELETRONICOS\\_CONHECER\\_PARA\\_TER\\_CONSCIENCIA/links/55ac2b4408ae815a042b006b/CHUVEIROS-ELETRONICOS-CONHECER-PARA-TER-CONSCIENCIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Adriano-Peres/publication/280134246_CHUVEIROS_ELETRONICOS_CONHECER_PARA_TER_CONSCIENCIA/links/55ac2b4408ae815a042b006b/CHUVEIROS-ELETRONICOS-CONHECER-PARA-TER-CONSCIENCIA.pdf). Acesso em: 11 maio 2022.

ALTOÉ, L. *et al.* Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre – RS - Brasil, ano 2012, v. 12, ed. 3, p. 75-87, 3 set. 2012.

LETTIERE, L. **Medidor de energia eletrônico: utilizando microprocessador**. 2009. 68 p. Tcc (Engenharia elétrica- Graduação) - UFRGS, Porto Alegre – RS - Brasil, 2009.

Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/24313>. Acesso em: 13 abr. 2022.

MARQUES, A.; JÚNIOR, S.; CRUZ, E. **Dispositivos semicondutores: Diodos e transistores**. 13. ed. São Paulo- SP: Érica, 2012. 409 p.

PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2007. 361 p.

SOUZA, D.; SOUZA, D.; LAVINIA, N. **Desbravando o microcontrolador PIC18**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010. 337 p.

ALEXANDER, C. *et al.* **Fundamentos de circuitos elétricos**. 5. ed. [S.l.]: Afiliada, 2013. 874 p.

## APÊNDICE A- Lista de materiais

Na Tabela 3 é possível observar uma listagem dos materiais empregados na fabricação do protótipo. Estes componentes são de fácil aquisição e se encontram disponíveis a um preço acessível.

**Tabela 3- Lista de materiais utilizados**

Quantidade	Material
1	Microcontrolador PIC 18f877a
1	Display LCD 20x4 Hitach
1	Diodo zener 5,1V 1W.
1	Varistor S7K391 250VAC
1	Fusível de vidro 500mA.
4	Diodo 1n4007
1	Capacitor eletrolítico 47 uf
1	Resistor 100K $\Omega$
1	Regulador de tensão Lm7805
1	trimpot multivoltas 2K $\Omega$
1	Sensor de corrente SCT-013-030
2	Resistor de 3K $\Omega$
1	Capacitor eletrolítico 100uf
1	Sensor de vazão YF-S201
1	Ferro de solda e sugador
2	Capacitor cerâmica 22pf
1	Crystal oscilador 8MHz
2	Placas Padrão Tipo Ilha 15cmx15cm
1	Fonte VCC 12V

Fonte: Autoria própria (2023)

