

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E SUPERVISÃO DE PONTOS DE ENERGIA E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS USANDO IOT

João Vitor Leier Colaço, Aldo Zanella Junior, Frank Juergen Knaesel
Instituto Federal de Santa Catarina
Câmpus Jaraguá do Sul – Rau – Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica
e-mail: joaovitorleier@gmail.com, azanella@ifsc.edu.br, frank.knaesel@ifsc.edu.br
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC – 20/12/2022.

Resumo – Com o avanço da tecnologia, novas ferramentas estão sendo criadas para solucionar os problemas do cotidiano das pessoas. Diante disso, quando aplicadas à área da psicologia, especificamente no distúrbio psicológico denominado como Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC), o indivíduo apresenta diferentes comportamentos, tal como o de Checagem, que o induz a verificar repetidamente diferentes pontos que podem oferecer risco à segurança. Portanto, o presente artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento para equipamentos residenciais, pelo qual são verificados pontos específicos mais utilizados através de sensores, e desta forma, as informações de monitoramento em tempo real são enviadas para aplicativo móvel, baseado na tecnologia Internet das Coisas (IoT). Com esses dados, o indivíduo verifica as condições dos equipamentos a partir de um dispositivo remoto, possibilitando reduzir a influência do Transtorno Obsessivo Compulsivo. O projeto apresentou resultados adequados nos circuitos de medição e checagem.

Palavras-Chave – Transtorno Obsessivo Compulsivo, Esp32, Sensores de Corrente, Aplicativo de Monitoramento.

DEVELOPMENT OF A MONITORING AND SUPERVISION SYSTEM OF ENERGY POINTS AND ELECTRICAL EQUIPMENTS USING IOT

Abstract – With the advancement of technology, new tools are being created to solve people's everyday problems. Therefore, when applied to the area of psychology, specifically in the psychological disorder known as Obsessive Compulsive Disorder (OCD), the individual presents different behaviors, such as Checking, which induces him to repeatedly check different points that may offer a risk to security. Therefore, this article presents the development of a monitoring system for residential equipment, through which specific points that are most used are verified and, in this way, real-time monitoring information is sent to a mobile application, based on Internet of Things technology (IoT). With these data, the individual checks the condition of the equipment from a remote device, enabling to reduce the influence of Obsessive Compulsive

Disorder. The project presented adequate results in the measuring and checking circuits.

Keywords – Obsessive-Compulsive Disorder, Esp32, Current Sensors, Monitoring Application.

I. INTRODUÇÃO

As empresas ao longo dos anos tendem a apresentar novas tecnologias com o intuito de facilitar o cotidiano das pessoas. Estas tecnologias, como *softwares*, dispositivos, ferramentas etc., buscam em geral atender um problema específico da sociedade e apresentar uma solução prática e simplificada.

Um dos problemas psicológicos que afeta cerca de 4 milhões de pessoas no Brasil é o Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC), o qual, segundo a OMS, é classificado entre as 10 doenças mais incapacitantes do mundo [1].

O TOC apresenta 2 tipos de comportamentos: obsessivo, caracterizado como pensamentos indesejados ocasionando ansiedade e aflição, e compulsivo, definido como repetidas ações físicas ou mentais em manuseamento ou verificação de objetos. Dentre os comportamentos do TOC, existem diversos tipos, tais como o de checagem, contaminação, simetria, contagem, acumulação, entre outros [2].

Além do ponto principal de estudo deste trabalho ser relacionado a transtornos de checagem, o projeto também permite monitorar a energia elétrica para fins de acompanhamento de consumo.

Diante deste cenário, nota-se que ao longo dos anos vários projetos abordam o tema de construção de dispositivos de monitoração de energia elétrica, tais como [3], onde se desenvolveu um medidor de energia elétrica através do ESP32, com o auxílio de sensores de corrente (com condicionamento de sinal), utilizando um banco de dados chamado MySQL e linguagem de programação PHP, tendo os dados disponibilizados via *Web*.

E neste outro projeto [4] apresentou-se um sistema de monitoramento residencial de GLP com alerta, com o foco de detectar os vazamentos por meio do ESP32 e sensores específicos, juntamente com um módulo amplificador HX711. Os dados são enviados para o banco de dados em tempo real do Firebase e posteriormente para o aplicativo Android. Em [5], o trabalho estende-se ao desenvolvimento de um protótipo de monitoramento do consumo de energia elétrica, voltado a uma residência, sendo realizadas leituras de tensão e corrente em uma tomada, com relé para controlar o estado de funcionamento. Para o banco de dados, operou-se com o

Firebase, simultaneamente com o microcontrolador ESP32 e aplicativo Android.

Contudo, neste presente artigo, trata-se especificamente do TOC de checagem, ou seja, no ato de checar compulsivamente o ambiente em que a pessoa se encontra, devido aos riscos de acidentes individuais ou coletivos. Portanto, o objetivo deste trabalho é a criação de um *software* remoto de fácil acesso para verificar estados de aberturas, pontos de iluminação, equipamentos conectados na residência, entre outros, através de dispositivos específicos conectados à rede elétrica, com o propósito de otimizar o dia-a-dia da pessoa, mitigando a necessidade de verificação constante, ocasionando em uma redução de tempo desperdiçado decorrente do TOC, minimizando os efeitos do transtorno, para atender às necessidades alheias dos indivíduos que visam averiguar a sua residência, independentemente de ser o portador do distúrbio, trazendo segurança e conforto.

A seção II apresenta todos os dispositivos, aplicativos e banco de dados presentes no projeto. A seção III apresenta a metodologia aplicada no projeto. Na seção IV, são apresentados os resultados e discussões de cada circuito e na seção V, a conclusão geral e os custos totais.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Dispositivos Microcontrolados

Os dispositivos microcontrolados são circuitos integrados semelhantes a um computador, pois contém processador, memórias e periféricos, com a finalidade de receber e/ou enviar sinais analógicos/digitais. Os microcontroladores são usados principalmente em ambientes residenciais e industriais [6].

A plataforma microcontrolada recebe os sinais analógicos ou digitais, provenientes dos instrumentos de medição, enviando os dados de comunicação via cabos ou por meio de módulos Bluetooth ou WiFi. Sendo assim, o microcontrolador necessita de vários pontos de entrada com conversores analógicos para digitais (ADC) para captação dos sinais dos sensores, além de uma possível ampliação constante dos pontos de medições. Além disso, deve apresentar grande memória RAM (armazenamento temporário), ROM (armazenamento permanente) e memória FLASH (não-volátil, armazena mesmo sem estar energizado) para a programação e captação dos sinais obtidos dos sensores, podendo armazenar para tratar as informações. Para uma conexão com um banco de dados na nuvem, idealmente necessita-se de um módulo WiFi/Bluetooth integrado ou um módulo extra para o microcontrolador [7].

Através da tabela I, verifica-se de forma resumida as principais diferenças entre o Arduino UNO, MEGA, ESP8266 e ESP32, tais como a Memória FLASH, RAM e ROM, além da quantidade de pinos ADC e resolução de bits. Existem uma gama de microcontroladores utilizados com variadas linguagens de programação, podendo ter diferentes aplicações.

TABELA I
Comparativo de Microcontroladores

	Arduin o UNO	Arduino MEGA	ESP8266	ESP32
Memória FLASH	32KB	256 KB	4MB	4MB
Memória RAM	2KB	8 KB	36kB	520KB
Memória ROM	4KB	4KB	64KB	448KB
Pinos ADC	6	16	1	18
Resolução	10-bit	10-bit	10-bit	12-bit
WiFi Integrado	Não	Não	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de [7].

B. Sensores

O sensor é um conversor de energia, cuja finalidade é transmitir informação, onde, por sua vez ocorre a transferência de energia, sendo bidirecional (sensor-dispositivo ou dispositivo-sensor) resultando em um sinal positivo ou negativo [8].

Neste trabalho, utilizam-se 3 tipos de sensores: Sensor de proximidade magnético, sensor de corrente (transformador de corrente ou TC's) e sensor LDR.

O Sensor de proximidade magnético, pode ser dividido em dois tipos, como *Reed Switch* ou efeito Hall. O sensor *Reed Switch* (Figura 1) fundamenta-se no uso de campos magnéticos, onde ocorre uma conversão do campo magnético para sinal elétrico (digital). A partir da presença de um ímã permanente, o dispositivo abre ou fecha o contato (chave), transmitindo a informação. Enquanto no sensor de efeito *Hall*, a ação de um campo magnético interfere nos semicondutores, pois, segundo a Lei de Lorentz, surge uma tensão de *Hall* (U_h), a qual representa a diferença de potencial do efeito produzido [9].

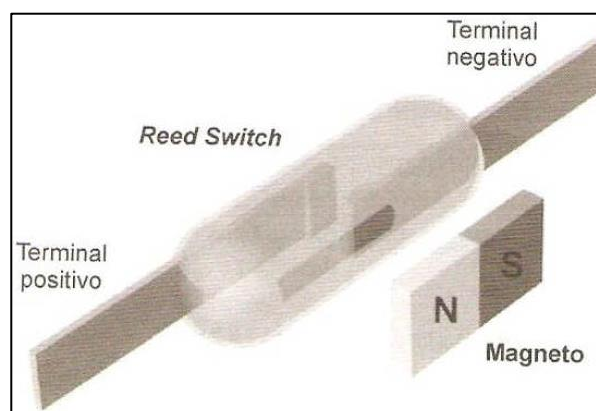


Fig. 1. Sensor de proximidade magnético *Reed Switch* [9].

O sensor de corrente responsável por verificar a presença de corrente é basicamente transformador de corrente (TC) que transforma o nível de corrente principal para um nível secundário desejado, conforme a relação de espiras. Sua principal vantagem refere-se ao fato de prover um isolamento elétrico entre o medidor e o circuito, não afetando diretamente

o instrumento medido. Na Figura 2 representa-se o TC utilizado, cuja corrente no secundário pode ser convertida em um nível de tensão adequado ao específico uso [10].

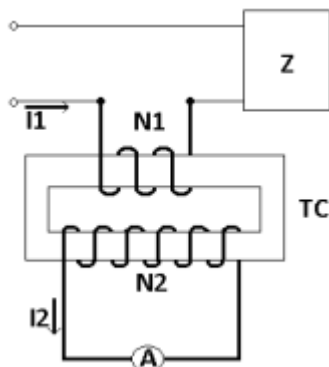


Fig. 2. Funcionamento do transformador de corrente [10].

O Sensor LDR (Resistor Dependente de Luz) ou fotorresistor, como o nome diz, apresenta resistência variável proporcional à presença de luz incidida sobre o mesmo. Na incidência de luz sobre o dispositivo, a quantidade de elétrons livres aumenta, reduzindo a resistência elétrica e intensificando a condutividade, devido ao deslocamento dos elétrons da camada de valência para a camada de condução. No entanto, quando ocorre a ausência de luminosidade, a resistência elétrica aumenta, juntamente com a redução de elétrons livres, pois estes retornam à camada de valência [11].

C. Aplicativo

O aplicativo é amplamente utilizado como um termo para se referir a um *software* instalado em uma plataforma móvel, cuja operabilidade baseia-se na plataforma móvel, tais como Android, iOS, etc. Existe uma distinção entre aplicativo móvel e aplicação web móvel (WebApp), onde, o aplicativo móvel acessa as características de hardware do celular, enquanto o WebApp acessa as informações baseadas na web, através de um navegador [12].

A criação do aplicativo consiste na supervisão de fácil acesso dos pontos de checagem. A comunicação entre aplicativo móvel e dispositivos físicos, podem ser realizados com auxílio de microcontroladores com acesso à internet, através de *softwares* específicos a cada microcontrolador. No *software*, são configurados os parâmetros para o uso em cada biblioteca, juntamente com a definição do tipo de dado, constantes, saídas e entradas dos pinos, entre outros, em cada variável utilizada no programa.

Considerando o sistema operacional Android, o *software* Visual Studio Code através da linguagem de programação JavaScript possibilita o desenvolvimento do aplicativo para visualizar a atuação dos sensores, além de possibilitar a interligação com o microcontrolador e banco de dados [13].

D. Banco de Dados

O banco de dados, segundo [14], “é um conjunto lógico e ordenado de dados que possuem algum significado, e não uma coleção aleatória sem um fim ou objetivo específico”.

Dentre os bancos de dados existentes, o Firebase, proveniente do Google, é um *software* gratuito de até 1 GB de armazenamento de dados, e apresenta várias funções, como permitir a leitura e gravação em tempo real dos dados. Este serviço online guarda as informações, respeitando os padrões de privacidade e de segurança [15].

O *Realtime Database*, pertencente ao Firebase, é um banco de dados NoSQL (não relacionais), e a Interface de Programação da Aplicação foi desenvolvida com o objetivo de realizar processos com rapidez, fornecendo atualização em tempo real para os usuários, além de apresentar a sincronização de dados, no qual atualiza todos os sensores de forma simultânea, além de corrigir a situação dos dispositivos em caso de reconexão com a internet [4].

III. METODOLOGIA

Este projeto tem foco principal direcionado a pessoas com TOC de checagem, sendo assim, desenvolvido para pessoas com a necessidade de verificar os equipamentos. Como objeto de estudo, considera-se um caso abrangente de pontos de monitoramento, tais como:

- Disjuntor Geral;
- Janelas dos Quartos;
- Tomadas dos Quartos;
- Iluminação dos Quartos.

Além disso, o sistema pode ser adaptado de acordo com a especificidade de cada pessoa. O Apêndice I apresenta o diagrama do projeto para cada ponto de monitoramento, conforme apresentados adiante:

A. Microcontrolador

Com base na tabela I, nota-se que os ESP32, aborda uma configuração mais adequada para este projeto, pois apresenta maior memória RAM no uso constante do aplicativo, maior memória ROM, onde facilita a expansão de mais sensores e funções de monitoramento para o aplicativo, além de maior memória FLASH para não perder os dados. Visando a interligação com os sensores e possibilitando a inclusão de mais sensores no projeto, maior quantidade de pinos ADC são fundamentais na escolha do microcontrolador. Outro fator determinante é o fato de WiFi integrado, o que facilita a conexão com o Banco de Dados sem a necessidade de um módulo externo. Portanto, o ESP32 atende melhor as características para este trabalho.

Existem alguns modelos de placa de desenvolvimento para ESP32 no mercado, e neste caso, escolhe-se o ESP32 DEV KIT v1 por satisfazer as necessidades de projeto, o qual de forma sintetizada, contém 2 pinos conversores digital-analógico e 18 canais conversores analógico-digital (12-bit). Ou seja, o conversor analógico-digital (ADC) de 12 bits permite realizar a leitura de entrada nos pinos ADC de 0 a 3,3 V, convertidos em faixa de 0 a 4095 combinações [16].

B. Circuito A

O circuito A é utilizado para o monitoramento do estado da janela aberta ou fechada, no qual foi instalado um sensor de proximidade magnético modelo MC-38, via cabo, conectado diretamente ao microcontrolador. Como o microcontrolador apresenta um resistor de *pull-up* interno, inclui-se no código esta funcionalidade para não precisar de um resistor de externo. Quando a janela é fechada o sensor magnético envia um sinal para o microcontrolador, alertando o estado da janela como fechada e acendendo um LED para visualização local.

C. Circuito B

O circuito B é utilizado para verificar se a tomada tem algum dispositivo conectado a ela. Utiliza-se um TC não invasivo modelo ZMCT103C, cuja configuração técnica apresenta uma relação saída/entrada de 5mA/5A, relação de espiras (N) de 1000, erro permissível de +/- 0,2%, medindo corrente alternada inferior ou igual a 5 Ampères [17].

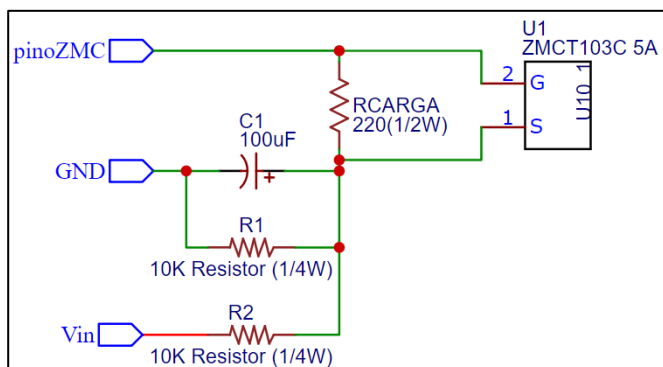


Fig. 3. Circuito do sensor ZMC (Circuito B). Fonte: Autor.

Conforme a Figura 3, o TC apresenta uma corrente de saída variando linearmente com a corrente de entrada. A fim de enviar essa corrente para a leitura do microcontrolador, o valor precisa ser convertido para tensão, que deve ser positiva, devido ao *range* de entrada do microcontrolador, utilizando-se um circuito grameador [18].

A tensão em que se envia para o microcontrolador apresenta uma tensão máxima de 3,3 V (estipulada devido a leitura da entrada lógica do microcontrolador ser entre 0 e 3,3 V), com tensão média (V_{med}) em 1,65 V. Então, necessita-se aplicar um circuito com características de grameador (Figura 3) com o auxílio de um capacitor para fazer o efeito de grameamento e elevar o nível da tensão no semiciclo negativo.

Como a corrente máxima permitida no primário do TC é de 5 A, convertendo para o secundário, apresenta uma corrente 5 mA (I_{sec}), sendo assim, o cálculo do resistor de carga (equação 1), é a tensão lida no microcontrolador, no mesmo instante em que a corrente no secundário for máxima, ou seja, a tensão média (V_{med}) [17] [18].

$$R_{carga} = \frac{V_{med}}{I_{sec} \cdot \sqrt{2}} \quad (1)$$

onde:

R_{carga} – resistor de carga;

V_{med} – tensão média no microcontrolador;

I_{sec} – corrente RMS no secundário do TC.

Portanto, o resistor de carga (R_{carga}) calcula-se em 233,34 ohms, ou seja, em valores comerciais, adota-se o resistor de carga em 220 ohms. Para o cálculo desta corrente senoidal, instala-se uma biblioteca nomeada “EmonLib.h”, a qual recebe o valor da tensão de 0 V a 3,3 V na entrada, que é lido pelo microcontrolador na resolução de 12 bits, na faixa entre 0 e 4095, cuja biblioteca converte novamente para fornecer o sinal lido em corrente elétrica.

No entanto, necessita-se calcular alguns parâmetros, tais como, a relação de calibração do sensor, definida pela equação 2:

$$Calibração = \frac{N}{R_{carga}} \quad (2)$$

Onde:

$Calibração$ – fator de calibração;

N – relação de espiras;

R_{carga} – resistor de carga.

Sendo assim, apresenta um fator de calibração de 4,545. Outro detalhe importante é referente ao número de amostras (leituras), definida como padrão em 1480, pois quanto maior o número de amostras, menor o erro de amostragem [18].

D. Circuito C

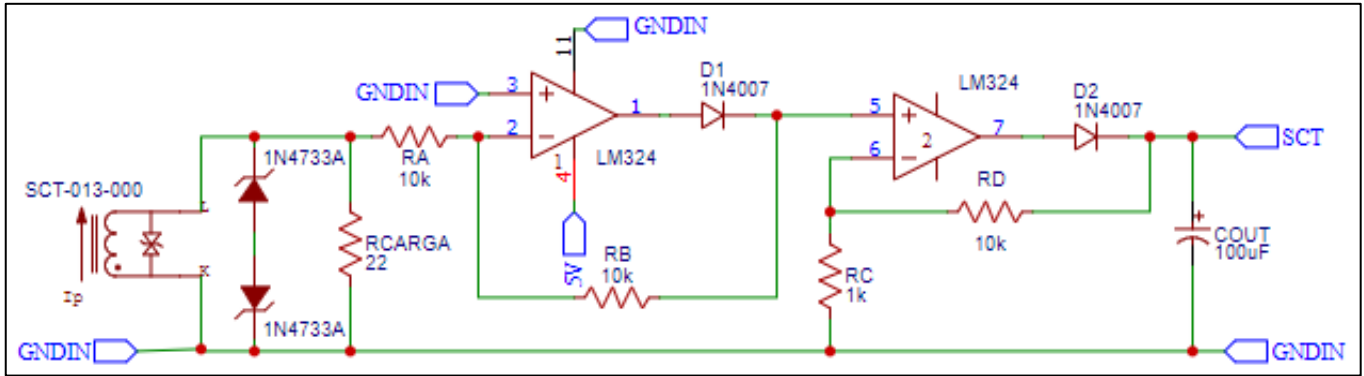
O circuito C é utilizado para medir a corrente no disjuntor geral através de um TC modelo SCT-013-000, com relação de secundário para primário de 50mA/100A, e relação de espiras (N) de 2000. Este modelo de TC designa-se como *split core* (núcleo dividido), ou seja, não precisa interromper o circuito para realizar a medição [19].

Como a corrente no secundário é do tipo senoidal, é necessário utilizar um circuito retificador, para converter a corrente senoidal em tensão de corrente contínua (0 a 3,3 V). Sendo assim, o circuito retificador e amplificador escolhido é o circuito retificador de precisão, e tem como base um amplificador operacional, cuja alimentação está em 5 Vcc, para obter o *range* de 0 a 3,3 V. Inicialmente, com base na equação 1, considerando V_{med} de 1,65 V e I_{sec} de 50 mA, define-se o R_{carga} em 23,33 ohms, ou 22 ohms para valores comerciais [20].

O circuito retificador de precisão escolhido (Figura 4) divide-se em três etapas. A primeira etapa é o conversor de corrente para tensão, com a saída de corrente no secundário do TC em paralelo com a carga (R_{carga}) [20].

A segunda etapa é implementada com um circuito com ganho unitário, onde $R_A = R_B$ e com um diodo na saída, para garantir a simetria da forma de onda retificada, ou seja, converter o semiciclo negativo em positivo [20].

A terceira etapa é um circuito somador não inversor para amplificar a saída e é representado pela equação 3, juntamente com um capacitor na saída para atenuar a saída próxima a um valor linear [20].



$$V_{o\ pk} = \frac{I_{circ\ pk} \cdot \sqrt{2}}{N} * R_{carga} * \left(\frac{R_D}{R_C} + 1 \right) \quad (3)$$

Onde:

- $I_{circ\ pk}$ – corrente de pico do circuito;
- N – número de espiras;
- $V_{o\ pk}$ - tensão de saída de pico;
- R_{carga} – resistor de carga.

Fig. 4. Retificador de precisão (Circuito C). Fonte: Autor.

O funcionamento geral do circuito retificador de precisão é de onda completa, ou seja, inverter a tensão negativa, retificando e amplificando a saída, e linearizando-a, devido ao capacitor [20].

Como a tensão máxima na entrada dos pinos ADC do ESP32 é de 3,3 V, aplicando um ganho de 11 no circuito somador não inversor, limita-se a máxima corrente de operação ($I_{circ\ pk}$) em 19,28 A. Portanto, para evitar atuar próximo a limitação de tensão máxima no ESP32, adotamos $I_{circ\ pk}$ como 18 A. A partir da equação 3, a tensão de saída de pico é de 3,08 V. Sendo assim, o circuito atua no *range* de operação de 0 a 18A, com tensão de saída entre 0 e 3,08 V.

Considerando o valor de corrente máxima de 18 A, e aplicando na equação 5, temos uma tensão máxima de 3,08 V, o que em valores ideais, a faixa de tensão lida no microcontrolador de 0 a 3,08 V para uma corrente medida de 0 a 18 A. Portanto, como o circuito retificador de precisão apresenta uma saída linear, e aplicando a equação reduzida da reta para estas duas faixas, temos a equação 4 em que representa a corrente verificada no aplicativo, linear a tensão de saída no retificador.

$$I_{o\ pk} = V_{o\ pk} * 5,844 \quad (4)$$

E. Circuito D

O circuito D é utilizado para verificar se a lâmpada do quarto está ligada, no qual, utilizou-se um circuito com um sensor LDR localizado próximo a lâmpada, medindo o nível de luminosidade no ambiente. Na Figura 5, representa-se o circuito D, alimentado pela tensão do microcontrolador (3,3 V). O resistor (R3) de 10k ohms é utilizado como divisor de tensão representado pela equação (5):

$$pinoLDR = V_{in} * \frac{R_3}{R_3 + LDR} \quad (5)$$

Onde:

$pinoLDR$ – tensão de saída para o pino do microcontrolador;

- R_3 – resistor divisor de tensão;
- LDR – resistência variável do sensor LDR;
- V_{in} – tensão de alimentação.

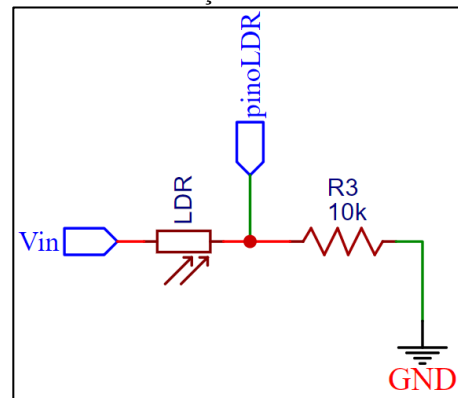


Fig. 5. Circuito do sensor LDR (Circuito D). Fonte: Autor.

Como o sensor varia com a presença de luz, quanto maior a incidência de luz menor a resistência elétrica, enviando um sinal mais próximo de 3,3 V (ou 4095 em digital), onde por meio de comparador lógico utilizado no *software* ajusta-se para alterar o estado da lâmpada neste nível de tensão como ligado. No entanto, quando a presença de claridade diminui, a resistência aumenta do sensor de luz, enviando um sinal mais próximo de 0 V (ou 0 em digital), ajustando em código um valor próximo a este para alterar o estado da lâmpada como desligado. Além da verificação remota (celular), o microcontrolador aciona um LED para visualização local.

F. Etapa E

A etapa E é responsável por receber os sinais do ESP32, e assim, enviar para o aplicativo. A partir da captação dos sinais provenientes dos circuitos A, B, C e D, o microcontrolador ajusta e trata estes dados, programados via o *software* Arduino IDE na linguagem de programação C++.

Para enviar as informações ao Firebase, o microcontrolador conecta-se ao WiFi através da biblioteca “WiFi.h”, e assim o circuito inicia uma rotina de confirmação para verificar o estado de conexão do WiFi e, em caso de falha, reconectando imediatamente. No entanto, para o caso do microcontrolador ESP32, é necessário instalar a biblioteca “FirebaseESP32.h”, e assim inserir os parâmetros do projeto para ter conexão direta com a plataforma online.

Com os dados no Firebase, importa-se essas informações para o aplicativo através de JavaScript com a utilização do

software Visual Studio Code e Android Studio, e assim possibilitando a visualização do aplicativo no celular [13].

G. Circuito Geral

A partir dos cálculos, definem-se os valores dos resistores e capacitores, conforme o Apêndice II. Além disso, foram utilizados LEDs para visualização local do funcionamento do circuito, tais como: funcionamento geral, WiFi, lâmpada ligada, janela aberta e presença de carga na tomada. Outro detalhe é a alimentação do ESP32 no valor de 5 V, utilizando-se uma fonte que transforma 220 Vca para 5 Vcc.

Esta fonte também alimenta o circuito C, para ter maior alcance antes da saturação nos amplificadores operacionais. Para a segurança do ESP32, no circuito C, são utilizados 2 diodos zeners 1N4733A, com tensão zener em 5,1 V. O amplificador operacional escolhido é o LM324, pois apresenta uma tensão de alimentação de até 32 V, e com a alimentação direta da fonte de 5 Vcc, a tensão de saída satura em 3,5 V, atendendo a tensão de pico na entrada ADC do microcontrolador [21].

É utilizado um fusível na entrada com tensão de 250 V e corrente de 5 A.

A confecção da placa de circuito impresso realizou-se inicialmente separando as entradas (sensores), saídas (led's) e a alimentação (fonte chaveada). No Apêndice III está a placa de circuito impresso e, no Apêndice IV a lista de materiais com os preços de cada item.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, após a definição do circuito, conforme o apêndice II e a placa de circuito impresso no apêndice III, são realizados os testes e ensaios de cada circuito, juntamente com os seus ajustes.

A. Teste do aplicativo

O aplicativo, nomeado como “ThirdEye”, ou terceiro olho, devido às verificações de pontos específicos na residência, apresenta o seguinte formato (Figura 6), no qual são analisadas de forma prática as principais informações, como o estado da janela, a iluminação no quarto, a situação da tomada do quarto e a corrente no disjuntor.

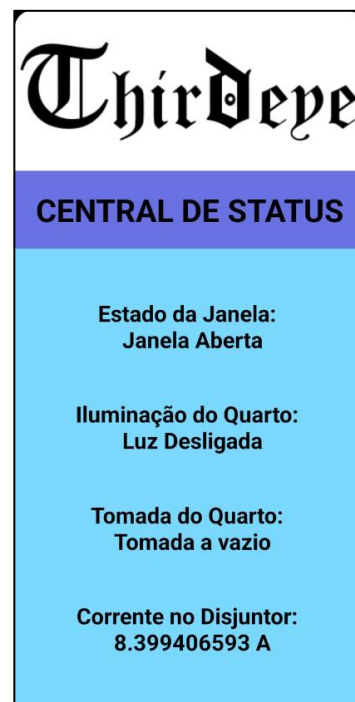


Fig. 6. Aplicativo ThirdEye. Fonte: Autor.

B. Ensaio do Circuito A

Neste ensaio, voltado ao circuito para verificar o estado da janela, simulou-se o sensor em situação dos contatos estarem abertos (distantes) e em situação de estarem fechados (próximos), pelo qual se percebeu que o funcionamento teve êxito, no entanto, houve um atraso de cerca de 3 segundos, causado pela oscilação da rede WiFi, leitura de processamento do microcontrolador e o atraso no banco de dados.

C. Ensaio do Circuito B

Para o circuito B que verifica o estado da tomada, adotou-se a constante calculada no valor de 4,545, devido ao número de espiras e resistor de carga. Utilizando-se um multímetro Minipa ET-2082C e um osciloscópio Tektronix modelo TBS1102-C mediu-se uma carga senoidal com uma corrente RMS de 1,91 A. Obteve-se na saída do grampeador uma tensão média de 1,58 V, com pico a pico de 640 mV (Figura 7).

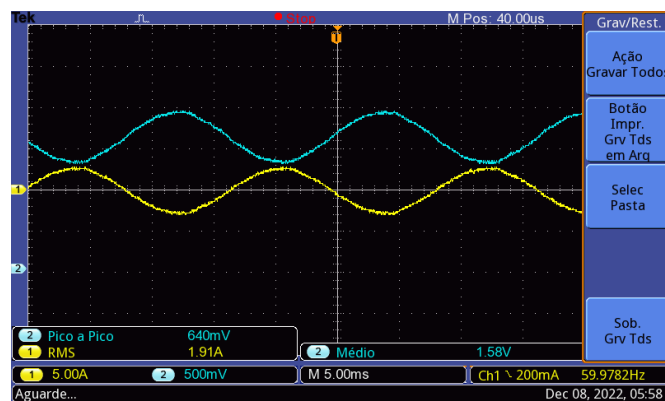


Fig. 7. Medição do circuito B com corrente de 1,91 A. Fonte: Autor.

No aplicativo, o código está descrito para alterar o estado da tomada de “Tomada a vazio” para “Tomada a carga”, assim que a corrente ultrapassar o valor de 0,5 A. Portanto, quando aplicamos a carga de 1,91 A, o estado da tomada alterou para “Tomada a Carga”, o que satisfêz a proposta do trabalho.

D. Ensaio do Circuito C

No circuito C, considerando a constante de calibração em 5,844, realizou-se um ensaio em laboratório através do multímetro Minipa ET-2082C e um osciloscópio Tektronix modelo TBS1102-C, aplicando corrente RMS de 1,84 A e 6,46 A. No primeiro ensaio (Figura 8) com a corrente RMS de 1,84 A, foi obtido uma tensão média de 0,47 V na saída do retificador de precisão, enquanto no aplicativo, a corrente verificada está em torno de 1,66 A, o que apresenta um erro de 9,78 %, considerando a corrente RMS, devido a erros de ajustes na equação e não linearidade na resposta do pino ADC no ESP32.

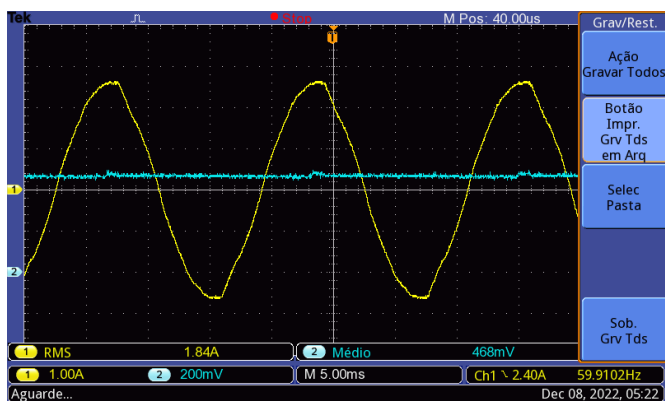


Fig. 8. Medição do circuito C com corrente de 1,84 A. Fonte: Autor.

Para o segundo ensaio (Figura 9), para uma carga com corrente RMS de 6,46 A, a tensão média na saída do retificador está em torno de 1,23 V, enquanto no aplicativo, constatou-se valor de 5,99 A, o que representa um erro de 7,3 %.

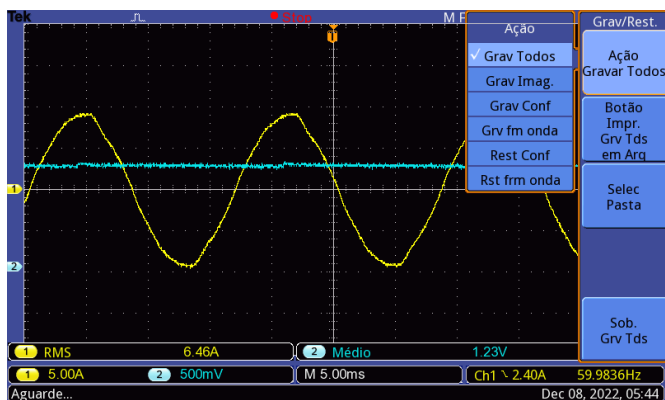


Fig. 9. Medição do circuito C com corrente de 6,46 A. Fonte: Autor.

Então, para esta faixa de corrente testada, verificou-se que o erro de medição no aplicativo foi abaixo de 10%, demonstrando ser um resultado aceitável na medição.

E. Ensaio do Circuito D

O circuito D é testado em diferentes situações de luzes, tanto na lâmpada, quanto no ambiente externo (devido a interferência da percepção de luz natural e artificial), a fim de verificar através da estrutura “if”, quando a situação da lâmpada está como “luz ligada” ou “luz desligada”. Analisando o monitor serial no *software* Arduino IDE, verificou-se que quando a luz está desligada em diferentes momentos do dia, a iluminação na entrada analógica corresponde a uma faixa de 800 a 1700, em termos de unidades decimais para uma resolução de 12 bits, e quando está ligada o valor da luz está em torno de 2200 a 3800, portanto, é realizado um ajuste no *software* para assim que o valor seja maior que 2500, o aplicativo recebe o sinal de “Luz Ligada”, visto que a luminosidade do dia pode alterar a leitura. Na Figura 10 é demonstrada a visualização do monitor serial (Arduino IDE) quando a luz está ligada.

```
Leitura do Sensor de LDR:2335
Corrente: 0.21
Leitura digital do Sensor de Corrente SCT-013:61
Tensão analógica = 0.05volts
Corrente analógica = 0.29Amperes
```

Fig. 10. Monitor serial. Fonte: Autor.

V. CONCLUSÕES

Considerando o desenvolvimento de um sistema voltado às pessoas com Transtorno Obsessivo Compulsivo ou que necessitam verificar se algum aparelho está ligado na tomada, o aplicativo atendeu às especificações.

No entanto, é necessário maior tempo para avaliar melhor os resultados psicológicos, visto que estamos analisando um transtorno psicológico incapacitante, além de ser um caso com pontos específicos de verificação. O indivíduo pode apresentar sintomas de verificação rotineira do aplicativo, sendo necessário incluir um relatório semanal de uso. Ao decorrer do tempo, os equipamentos precisam ser testados para verificar se necessitam de alguma calibração ou melhoria, tanto no *hardware*, quanto no *software*.

Os pontos determinados para medição no disjuntor geral, janela do quarto, tomada do quarto e lâmpada do quarto foram analisados conforme os locais com maior incidência de verificação da pessoa com o transtorno, no entanto, em caso de mais pontos serem acrescentados, o microcontrolador tem 10 pinos disponíveis.

O custo total deste projeto, considerando a compra dos sensores, microcontrolador, fonte chaveada, amplificador operacional, fusíveis, placa de circuito impresso e demais componentes, como resistores, capacitores e afins, foi em torno de R\$ 245,00 (Apêndice IV).

Ao longo do projeto alguns problemas foram encontrados, como as entradas do conversor analógico para digital 2 (ADC2), os quais entravam em conflito com o WiFi interno do ESP32, impossibilitando o uso como conversor analógico para digital, sendo necessário usar o ADC1. Outro problema é devido os sensores usarem cabos, pois alguns locais dificultam o acesso e a passagem de cabos.

Em futuros projetos, avalia-se o uso de componentes sensoriais por meio de redes sem fio, como WiFi ou Bluetooth, para facilitar o acesso. Outra melhoria poderia ser o uso de mais sensores, a depender da pessoa com TOC, além de sensores voltados à segurança, como o sensor de presença, entre outros.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao orientador Aldo Zanella Junior pela orientação e disposição durante todo o projeto. Aos meus pais João Rosmario Colaço e Simone Beatriz Leier pela disponibilidade de tempo quando necessário com eventuais atividades.

REFERÊNCIAS

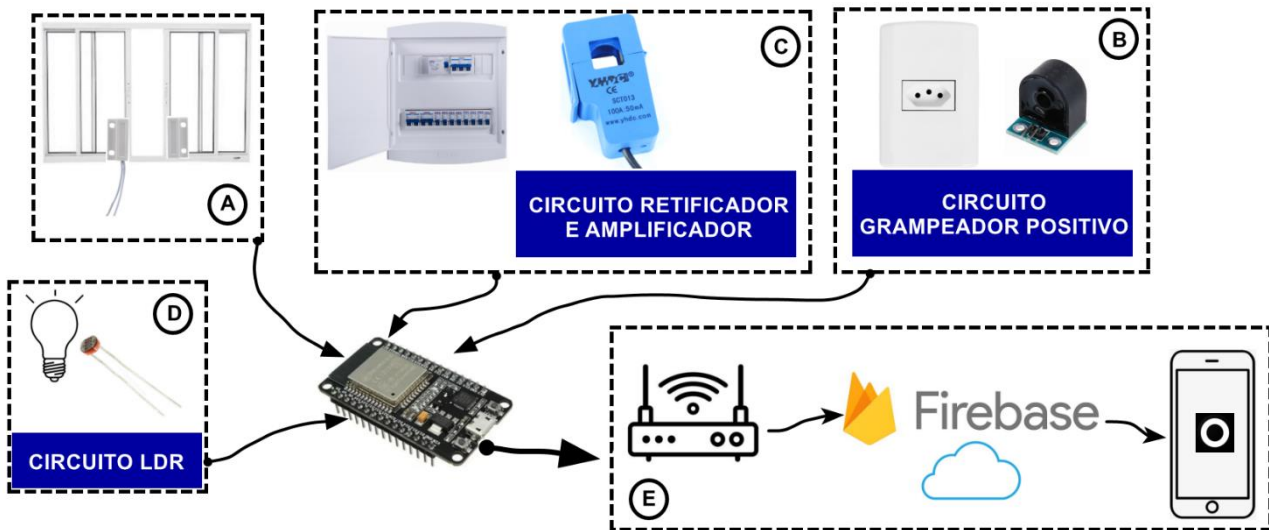
- [1] AFINAL, o que é o Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC)?. PRÓ-SAÚDE, 2020. [Online]. Disponível em: <<https://www.prosaude.org.br/vida-saudavel/afinal-o-que-e-o-transtorno-obsessivo-compulsivo-toc/>>. Acesso em: 13 de abril de 2022.
- [2] RAMIREZ, Gonzalo. Transtorno obsessivo-compulsivo (TOC): o que é, sintomas e tratamento. TUASAÚDE, 2021. [Online]. Disponível em: <<https://www.tuasau.de.com/comportamento-obsessivo-compulsivo-toc/>>. Acesso em: 13 de abril de 2022.
- [3] SOUZA, Aliny Nayara Pereira. Projeto e desenvolvimento de dispositivo de monitoração monofásico IOT para consumo de energia elétrica residencial. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul – RAU, 2021.
- [4] SANTANA, A. P., SCREMIN, A. N., ALMEIDA W. P. AWA - Sistema de monitoramento residencial de GLP com alerta. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.
- [5] PIRES, Laryssa S. O. Desenvolvimento de um aplicativo Android para monitoramento do consumo de energia elétrica de uma residência. Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC Goiás, 2021.
- [6] SOUSA, N. M. L. O que é um Microcontrolador?. Robopatos, 2022. [Online]. Disponível em: <<https://www.robopatos.cafe/post/o-que-e-microcontrolador/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.
- [7] OLIVEIRA, Jailson. Arduino, ESP32 e ESP8266 – Comparação. Xprojetos, 2019. [Online]. Disponível em: <<https://xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/>>. Acesso em: 18 de maio de 2022.
- [8] BALBINOT, A., BRUSAMARELLO, V. J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. Vol. 1.
- [9] THOMAZINI, D., ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores industriais: Fundamentos e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.
- [10] ALMEIDA, Angelo Maxwell Alves. Estudo de implementação de sensores de corrente. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- [11] GONÇALVES, Edevânio João. Uso de um dispositivo LDR para o ensino de semicondutores fotoresistivos. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- [12] PRESSMAN, R. S., MAXIM, B. R. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional**. 8 ed. São Paulo: AMGH editora ltda, 2016.
- [13] OLIVEIRA, Leandro Inácio. 2022. Disponível em: <<https://www.udemy.com/course/aprenda-iot-praticando-com-esp32-firebase-reactnative/>>. Acesso em: 05 de agosto de 2022.
- [14] ALVES, William Pereira. **Banco de Dados**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.
- [15] FIREBASE Data Processing and Security Terms. FIREBASE, 2022. [Online]. Disponível em: <<https://firebase.google.com/terms/data-processing-terms>>. Acesso em: 15 de outubro de 2022.
- [16] MISCHIANTI, Renzo. DOIT ESP32 DEV KIT v1 high resolution pinout and specs. MISCHIANTI, 2021. [Online]. Disponível em: <<https://www.mischianti.org/2021/02/17/doit-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.
- [17] Qingxian Zeming Langxi Electronic. Datasheet: ZMCT103C Current Transformer, 201-.
- [18] NAZÁRIO, Cristiano Zanini. Sensor de corrente alternada SCT-013: Calibração. Crescer Engenharia, 2022. Disponível em: <<https://www.crescerengenharia.com/post/sensor-de-corrente-sct-013>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.
- [19] YHCD. Datasheet: Split Core Current Transformer, 201-.
- [20] CR Magnetics. Datasheet: Precision Rectifier Circuit for CT Signal Conditioning, 201-.
- [21] Texas Instruments. Datasheet: LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V, LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV, Quadruple operational amplifiers, 2005.

DADOS BIOGRÁFICOS

João Vitor Leier Colaço, nascido em 17/12/1998 em Jaraguá do Sul, é estudante de engenharia elétrica pelo Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul - Rau.

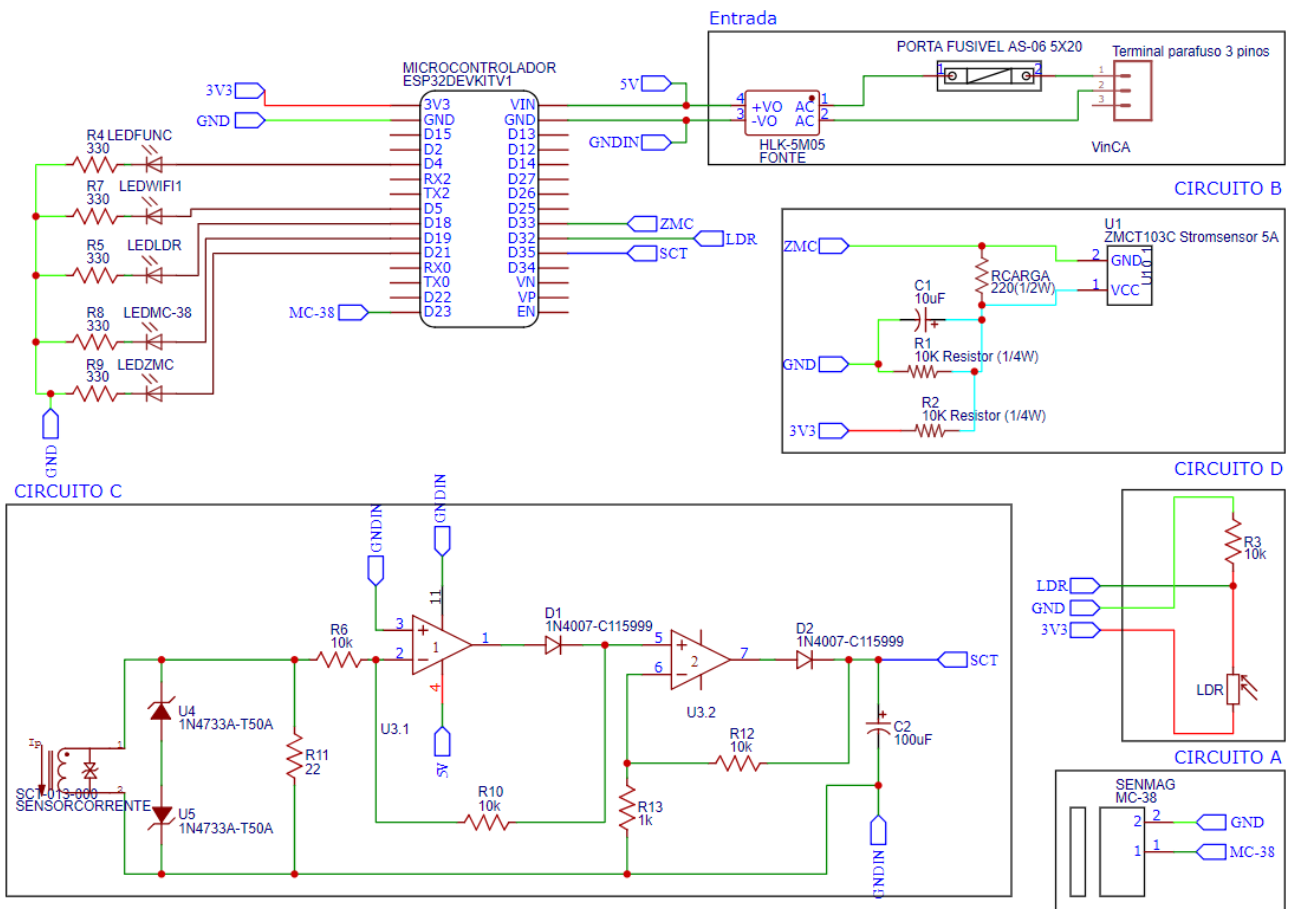
Ele foi, de 05/2021 a 01/2022, Eletricista de Manutenção. Atualmente é estagiário na área de projetos na Progressul - Sistemas de Energia. Suas áreas de interesse são: automação, sistemas de energia e eletrônica.

APÊNDICE I DIAGRAMA GERAL DO PROJETO



APÊNDICE II

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO COMPLETO DO CIRCUITO DESENVOLVIDO



APÊNDICE IV
LISTA DE MATERIAIS

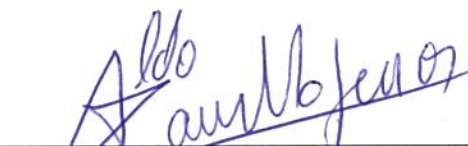
ITEM	QUANTIDADE	SÍMBOLO	COMPONENTE	VALOR
1	1	1	PORTA FUSIVEL AS-06 5X20	R\$ 0,81
2	1	-	FUSÍVEL 5X20 5A 250V	R\$ 0,35
3	2	C1, C2	CAP. 100 uF 63V	R\$ 1,08
4	2	D1, D2	DIODO 1N4007	R\$ 0,58
5	1	FONTE	HLK-5M05	R\$ 39,99
6	1	SENMAG	SENSOR MC-38	R\$ 18,90
7	1	U3	AMPOP LM324	R\$ 2,90
8	2	U4, U5	ZENER 1N4733A	R\$ 0,98
9	1	LDR1	LDR 7mm	R\$ 4,99
10	5	LEDFUNC, LEDMC-38, LEDLDR, LEDWIF1, LEDZMC	LED 10mm	R\$ 4,45
11	1	MICROCONTROLADOR	ESP32DEVKITV1	R\$ 63,90
12	6	R1, R2, R3, R6, R10, R12	RESISTOR 10kΩ (1/4 W)	R\$ 1,14
13	5	R4, R5, R7, R8, R9	RESISTOR 330Ω (1/4 W)	R\$ 0,25
14	1	R11	RESISTOR 22Ω (1/4 W)	R\$ 0,15
15	1	R13	RESISTOR 1kΩ (1/4 W)	R\$ 0,15
16	1	RCARGA	RESISTOR 220Ω (1/4 W)	R\$ 0,10
17	1	SENSORCORRENTE	TC 100A - SCT-013-000	R\$ 59,80
18	1	U1	TC 5A - ZMCT103C	R\$ 32,17
19	1	U2	TERMINAL PARAFUSO 3 PINOS	R\$ 1,80
20	1	-	PLACA DE FENOLITE (10 x 10 cm)	R\$ 10,00
Total			=	R\$ 244,49

João Vitor Leier Colaço

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E SUPERVISÃO DE PONTOS DE ENERGIA E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS UTILIZANDO IOT.

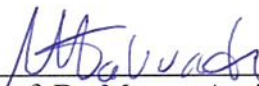
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Elétrica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Jaraguá do Sul, 20 de dezembro de 2022.



Prof. MSc Aldo Zanella Junior
Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Prof. Dr. Marcos Antônio Salvador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Prof. MSc Alexandre Altair de Melo
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau