

## SISTEMA IOT AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DA CORRENTE ELÉTRICA DE RESIDÊNCIAS UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR ESP8266

**Bruno Wallef Miranda Pimentel<sup>(1)</sup>**

Concluinte do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Estado do Pará.

**João Eduardo Brito Carvalho<sup>(2)</sup>**

Concluinte do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Estado do Pará.

**MSc Luciana de Azevedo Vieira<sup>(3)</sup>**

Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará.

Mestre em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal do Pará.

### RESUMO

O uso da Internet das Coisas (IoT) na automação residencial (domótica) é extremamente importante na busca por desenvolvimento sustentável e conscientização sobre o esgotamento de fontes de energia. Isso porque essas tecnologias possibilitam monitoramento automatizado de corrente elétrica, a análise em tempo real e compartilhamento de dados para a identificação de padrões de uso e o combate ao desperdício de recursos, contribuindo para eficiência operacional e sustentabilidade em residências. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um aplicativo mobile de monitoramento de corrente elétrica residencial através de um sensor de corrente não invasivo e armazená-los em um banco de dados em nuvem. Isso permite aos usuários acompanhar os dados de corrente elétrica adquiridos e compará-los com as faturas da concessionária de energia elétrica. Nesta pesquisa, serão apresentadas as metodologias e equipamentos utilizados no seu desenvolvimento, tais como os softwares Arduino IDE, ThingSpeak, Thunkable, Airtable, o microcontrolador ESP8266 e um sensor não invasivo capaz de monitorar o fluxo de corrente elétrica alternada. Com isso, pôde-se obter diversos dados, ao ser realizado um monitoramento totalmente portátil, de forma rápida e prática, objetivando uma otimização no uso de energia elétrica, a identificação de possíveis problemas em sistemas elétricos e futuras reduções de custos em residências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Internet das Coisas (IoT); Automação residencial (domótica); Corrente elétrica; Sustentabilidade; Monitoramento.

### ABSTRACT

The use of the Internet of Things (IoT) in home automation is extremely important in the pursuit of sustainable development and awareness of energy source depletion. This is because these technologies enable automated monitoring of electrical current, real-time analysis, and data sharing to identify usage patterns and combat resource wastage, contributing to operational efficiency and sustainability in homes. Thus, the aim of this work is to develop a mobile application for monitoring residential electrical current using a non-invasive current sensor and storing the data in a cloud database. This allows users to track acquired electrical current data and compare it with electricity utility bills. In this research, the methodologies and equipment used in its development will be presented, such as Arduino IDE, ThingSpeak, Thunkable, Airtable, the ESP8266 microcontroller, and a non-invasive sensor capable of monitoring alternating electrical current flow. As a result, various data could be obtained through a fully portable, quick, and practical monitoring, aiming for optimization in electrical energy usage, identification of potential issues in electrical systems, and future cost reductions in homes.

**KEYWORDS:** Internet of Things (IoT); Home automation; Electrical current; Sustainability; Monitoring

## **INTRODUÇÃO**

Com o avanço da indústria, o surgimento de tecnologias tais quais a Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) e as automações residenciais proporcionam uma enorme gama de possibilidades no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável e à conscientização da humanidade em relação ao esgotamento de fontes de energia, que são demandas do mercado da Engenharia 4.0. Essas demandas se justificam porque o consumo indiscriminado de recursos, em particular a energia, representa uma ameaça significativa para o futuro do meio ambiente e, conseqüentemente, para as gerações vindouras. Além disso, com o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, principalmente dos computadores pessoais e da internet, a automação está cada vez mais acessível às pessoas (MURATORI e DAL BÓ, 2011). Sendo assim, por que não aliar o uso da IoT e das automações na busca por otimizar o consumo de energia no planeta?

Por trás da automação residencial existem diversos dispositivos envolvidos como controladores e sensores compatíveis com a IoT (ACCARDI e DODONOV, 2012). Nesse caso, o monitoramento automatizado de energia elétrica surge como uma ferramenta poderosa para gerenciar, otimizar e economizar energia, contribuindo para a eficiência operacional, a redução de custos e o cumprimento de metas de sustentabilidade. Esse monitoramento automatizado por meio da integração de diversos softwares da IoT e dispositivos da domótica, proporciona não apenas a coleta automatizada de dados precisos sobre o consumo energético, mas também a identificação de padrões de uso e a capacidade de combater eficazmente o desperdício de recursos. Portanto, a incorporação da Internet das Coisas na gestão energética é um passo crucial na direção de um futuro mais sustentável.

Além disso, em relação a segurança de sistemas elétricos, pode-se dizer que realizar o monitoramento de correntes elétricas pode prevenir uma série de acidentes e problemas indesejados. Riscos de incêndios e sobrecargas no quadro de energia são situações que, se não detectadas na hora certa, podem ocasionar grandes problemas para um sistema de energia elétrica. Ademais, roubos de energia e instalações mal executadas são exemplos de situações as quais podem ser evitadas com uma simples automação capaz de medir o fluxo de corrente elétrica de uma residência, por exemplo. Isso pode ser possível porque, em casos de desconfiança de qualquer um desses problemas, é muito simples realizar uma análise na corrente elétrica utilizando uma automação que permite o compartilhamento de dados captados em tempo real, gera relatórios precisos, gráficos, mapas e diversas outras facilidades que ajudariam demais no monitoramento de corrente elétrica em unidades residenciais e comerciais, por exemplo.

Por outro lado, com o avanço exponencial da indústria, estudos recentes indicam que a adoção das tecnologias de IoT está ocorrendo cinco vezes mais rápida que o crescimento observado na eletricidade e na telefonia, o que sugere uma perspectiva de crescimento exponencial nos próximos anos (RAYES; SALAM, 2019). Isso ocorre porque, a Internet das coisas é considerada uma revolução tecnológica que representa a interconexão de dispositivos físicos à internet e entre si por meio de aplicativos, sensores, software, bancos de dados e outras tecnologias que permitem essa conexão. Por isso, o ramo da engenharia será extremamente beneficiado no que tange a evolução tecnológica, já que uma cultura do uso de automações, inovações e compartilhamento de dados em nuvem é amplamente difundida no cenário atual.

Em suma, segundo Fan e Chen (2010), a premissa básica do IoT é garantir uma conexão autônoma e segura, onde há troca de dados entre dispositivos e aplicações do mundo real. Dessa forma, pode-se afirmar que a utilização da Internet das Coisas proporciona inúmeras possibilidades em diferentes vertentes de atuação, apenas utilizando dispositivos e softwares que sejam capazes de interagir entre si e com o mundo real. Já em relação às automações residenciais, de acordo com Muratori e Dal Bó (2011), seu objetivo é tornar as residências mais cômodas para seus moradores, por meio da automatização de determinadas tarefas e atividades ou proporcionar um controle mais simples para os seus usuários.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um aplicativo mobile de monitoramento automatizado de corrente elétrica utilizada em residências através de um sensor de corrente não invasivo, que é, basicamente, um sensor capaz de medir a corrente elétrica sem a necessidade de cortar fios condutores ou danificar instalações elétricas. A captura dessas informações é realizada por meio desse dispositivo não invasivo que enviará os dados captados na corrente elétrica da carga analisada por meio de um código desenvolvido no programa Arduino IDE Arduino a um banco de dados digital conhecido como Airtable. O acesso a esse banco de dados é possibilitado pelo aplicativo móvel, o qual teve sua interface e funcionalidade para que os usuários tenham um conhecimento a respeito da corrente elétrica captada dos circuitos de suas residências.

Este sistema de monitoramento de corrente pode ser utilizado para fazer um acompanhamento diário da corrente elétrica utilizada, possibilitando que usuários comparem os resultados obtidos por meio das leituras do sensor com os valores fornecidos ao final do mês pela concessionária de energia elétrica, conforme sugere Figueiredo (2016).

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Internet das coisas

**Figura 1: A Internet das Coisas.**



**Fonte: Internet.**

A Internet das Coisas, conhecida como a rede de dispositivos físicos, veículos, eletrodomésticos e uma infinidade de outros objetos, representa uma revolucionária convergência de tecnologia. Essa convergência envolve a incorporação de sensores, softwares e diversas tecnologias nas entidades físicas do mundo, possibilitando a conexão e a troca de dados com outros sistemas e dispositivos por meio da vasta rede da Internet, como ilustra a figura 1. O propósito fundamental da IoT é capacitar esses objetos do cotidiano a coletar, analisar e compartilhar informações em tempo real, promovendo a elevação de sua inteligência e a capacidade de tomar decisões autônomas. Esse avanço tecnológico transforma objetos comuns em dispositivos dotados de inteligência, tornando-os capazes de se adaptar e interagir de forma mais eficiente com seu ambiente e com as pessoas.

Segundo a descrição de Peter Waher (2015), a Internet das Coisas (IoT) é o conceito que aborda a conexão à Internet de dispositivos que não são controlados por seres humanos. Atualmente, a forma principal de comunicação na Internet é entre humanos. No entanto, o autor argumenta que a IoT representa uma avaliação futura da Internet, onde ocorre aprendizado de máquina a máquina (M2M, do inglês Machine to Machine), proporcionando conectividade abrangente para tudo e todos (Peter Waher, 2015).

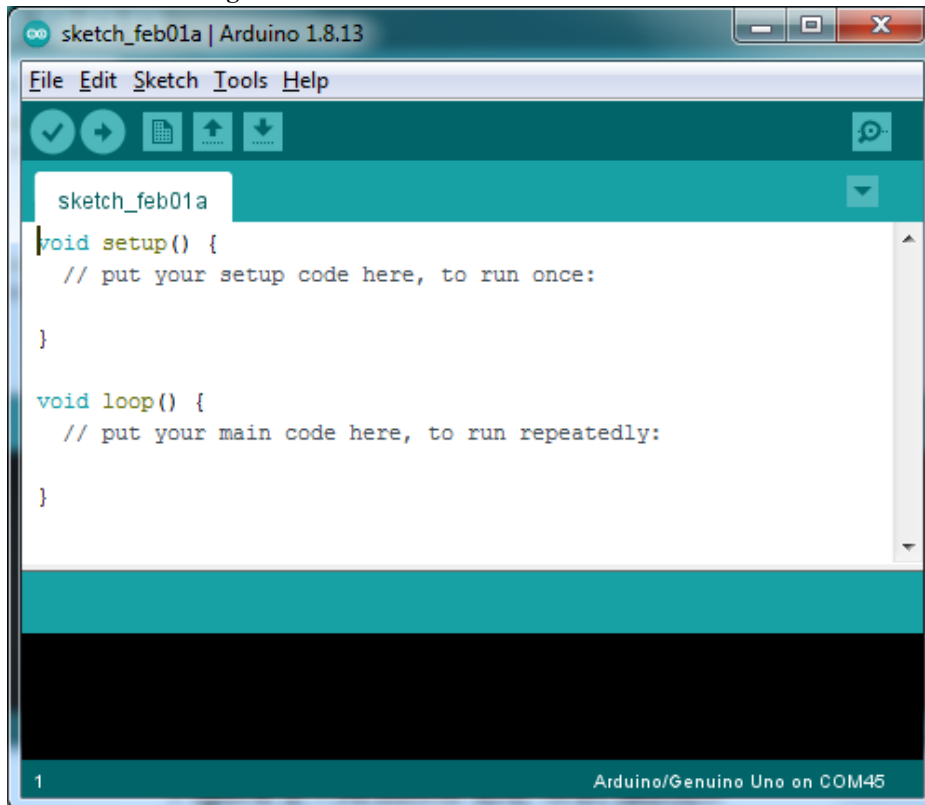
Por outro lado, conforme mencionado por Rayes e Salam (2019), no âmbito pessoal, a Internet das Coisas (IoT) representa um cenário em que os objetos do dia a dia estarão conectados à internet, interagindo entre si para criar um ambiente adaptativo que funcione de maneira inteligente, aprimorando a qualidade de vida das pessoas.

Em resumo, a aplicabilidade da Internet das Coisas é vasta e diversificada, abrangendo uma variedade de setores e campos de atuação. Na esfera de automação residencial, a IoT permite o controle inteligente de sistemas de iluminação, temperatura, segurança e eletrodomésticos, proporcionando maior conforto e eficiência para os moradores. No setor industrial, a IoT é utilizada para monitorar máquinas e processos de produção, viabilizando a otimização da eficiência operacional e a minimização de paradas não planejadas. A Internet das Coisas visa conectar e automatizar uma ampla variedade de dispositivos e sistemas, resultando em melhorias na eficiência, qualidade de vida e na criação de novas possibilidades em diversos setores. A IoT é uma inovação tecnológica que continua a se expandir e a evoluir, moldando o mundo de maneiras cada vez mais inovadoras e impactantes.

## Arduino IDE

O Arduino IDE é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, que consiste em hardware e software projetados para facilitar a criação de projetos interativos e controlados por microcontroladores. Além disso, a sua interface (figura 2) é simples e intuitiva. Sendo assim, esse software permite que pessoas, especialmente aquelas com pouca ou nenhuma experiência em eletrônica e programação, desenvolvam dispositivos e sistemas eletrônicos personalizados, tais como aplicativos mobile, que, segundo Harakawa e Pereira (2021), são programas desenvolvidos para smartphones e tablets, caracterizados por uma interface mais intuitiva e um design cuidadosamente elaborado, visando proporcionar uma experiência aprimorada e melhor usabilidade ao usuário.

Figura 2: Interface do software Arduino IDE.



Fonte: Internet.

Por possuir uma grande comunidade de entusiastas, desenvolvedores e fabricantes que compartilham projetos, dicas e soluções on-line, encontrar suporte e inspiração para projetos é, de certa forma, uma tarefa facilitada. Além disso, existem muitas bibliotecas e exemplos de código prontos para uso que simplificam a programação de tarefas comuns, como leitura de sensores, controle de motores e comunicação com outros dispositivos.

Ademais, há uma variedade de placas Arduino, cada uma com suas próprias especificações e recursos. Essas placas são compatíveis com uma gama de sensores, módulos e periféricos, os quais são relativamente baratos e amplamente disponíveis no mercado. Sendo assim, por ser uma ferramenta extremamente versátil e acessível, pode-se observar o Arduino sendo frequentemente utilizado em projetos de automação residencial, robótica, arte interativa, eletrônica educacional e muitas outras aplicações.

## ESP8266

Diversos dispositivos programáveis estão disponíveis para efetuar o controle de uma residência, dentre eles, destacam-se os microcontroladores (OLIVEIRA e PETREK, 2014). O microcontrolador é, essencialmente, um dispositivo processador que incorpora memória RAM, barramentos, comunicação serial e outras tecnologias dentro de um único microchip (OLIVEIRA e PETREK, 2014). Existe uma variedade de microcontroladores com diferentes aplicações e características internas distintas (AURELIANO, 2017). Alguns exemplos de

microcontroladores adequados para aplicação na domótica incluem os modelos 8051, ATmega328 e o ESP8266 (OLIVEIRA e PETREK, 2014). Em resumo, O ESP8266 (figura 3) é um dispositivo microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia que é amplamente utilizado em projetos de eletrônica e IoT (Internet das Coisas).

**Figura 3: Dispositivo ESP8266.**



**Fonte: Internet.**

Além disso, uma das vantagens dos microcontroladores é sua grande eficiência energética, geralmente operando na faixa dos miliwatts, além da capacidade de entrar em um estado de espera, aguardando por interrupções ou eventos externos, como a ativação de um botão ou um sinal recebido por uma interface de dados (SANT'ANNA, 2018). Essa característica os torna ideais para aplicações em que a demanda por baixo consumo de energia é crucial para o êxito do projeto.

O ESP8266, um chip de microcontrolador revolucionário, é reconhecido como um verdadeiro catalisador na vanguarda da Internet das Coisas (IoT). Desenvolvido pela Espressif Systems, esse componente se destaca por sua fusão harmoniosa de eficiência e potência. Sua popularidade é indiscutível, graças ao custo acessível, à integração Wi-Fi robusta e à perfeita sintonia com a plataforma Arduino IDE.

Essa pequena placa proporciona uma janela para a conectividade, permitindo que uma variedade de dispositivos se conectem ao vasto mundo da internet. Sua versatilidade é evidente, podendo ser aplicada em áreas diversas quanto automação residencial, redes de sensores inteligentes, monitoramento remoto e muito mais. O ESP8266 se destaca não apenas por sua funcionalidade, mas também por sua acessibilidade para entusiastas e desenvolvedores. A simplicidade de uso é um convite para explorar suas infinitas possibilidades, transformando ideias em realidade com facilidade, estabelecendo pontes entre a criatividade e a conectividade digital.

#### **Sensor medidor de corrente não invasivo**

Conforme afirmado por WENDLING (2010), um sensor é um dispositivo projetado para relatar a ocorrência de eventos específicos no ambiente externo de um sistema a um circuito eletrônico. Com base nos dados que ele fornece, o circuito é capaz de iniciar uma determinada ação. Esses dispositivos têm a capacidade de detectar diferentes formas de energia no ambiente, que podem incluir calor, movimento, eletricidade, luz, entre outras. As informações coletadas pelo sensor estão diretamente relacionadas à grandeza física que o ativou, abrangendo parâmetros como temperatura, velocidade, corrente, pressão e outros.

**Figura 4: Sensor SCT-013-000 .**



**Fonte: Internet.**

O sensor SCT-013-000, mostrado na figura 4, é um tipo de sensor de corrente não invasivo que é usado para medir a corrente elétrica em um circuito sem a necessidade de cortar ou interromper os fios condutores. É particularmente útil em aplicações de controle de cargas e monitoramento de energia, como medição de consumo em sistemas de energia elétrica residencial ou predial. A designação "SCT-013-000" diz respeito à capacidade do sensor de medir correntes elétricas de até 100A.

Esses sensores são projetados para medir apenas correntes alternadas (AC) e geralmente funcionam de acordo com o princípio do efeito Hall, que nada mais é do que um fenômeno físico que ocorre quando uma corrente elétrica flui através de um condutor colocado em um campo magnético perpendicular a ele.

Dentre as suas principais características, destaca-se a capacidade de identificar corrente elétrica quando colocado em torno do fio condutor, sem a necessidade de cortá-lo, fato que torna esses sensores relativamente fáceis de instalar em circuitos elétricos existentes. Além disso, esses sensores são frequentemente usados em projetos eletrônicos e sistemas de monitoramento que envolvem microcontroladores, como Arduino, Raspberry Pi, entre outros.

### **ThingSpeak**

O ThingSpeak é uma plataforma de Internet das Coisas (IoT) altamente versátil que desempenha um papel fundamental na coleta, análise e visualização de dados provenientes de dispositivos conectados à Internet, sendo amplamente utilizado em projetos que exigem monitoramento em tempo real ou coleta de dados em intervalos programados. Após a coleta desses dados, o ThingSpeak oferece uma ampla gama de opções de visualização, incluindo gráficos dinâmicos, medidores interativos, tabelas organizadas e mapas geográficos. Essa abordagem simplifica a interpretação e o acompanhamento dos dados gerados pelos dispositivos IoT.

A plataforma é especialmente notável por sua facilidade de uso na conexão de dispositivos IoT à nuvem, permitindo que os dados sejam enviados para canais específicos designados para armazenar, organizar e disponibilizar as informações coletadas. Além disso, a capacidade de compartilhar esses canais com outras plataformas e aplicativos facilita a integração dos dados coletados em projetos abrangentes, tornando o ThingSpeak uma solução poderosa e flexível para uma variedade de aplicações da Internet das Coisas.

De acordo com Gustavo (2021), o ThingSpeak é um aplicativo e API de Internet das Coisas de código aberto para armazenar e recuperar dados de itens através da internet, ou então, por meio de uma rede local. Basicamente, é uma plataforma que recebe dados de dispositivos de maneira remota, e que proporciona grandes benefícios para desenvolvedores de projetos de Internet das Coisas, um dos pilares da Engenharia Civil 4.0.

### **Thunkable**

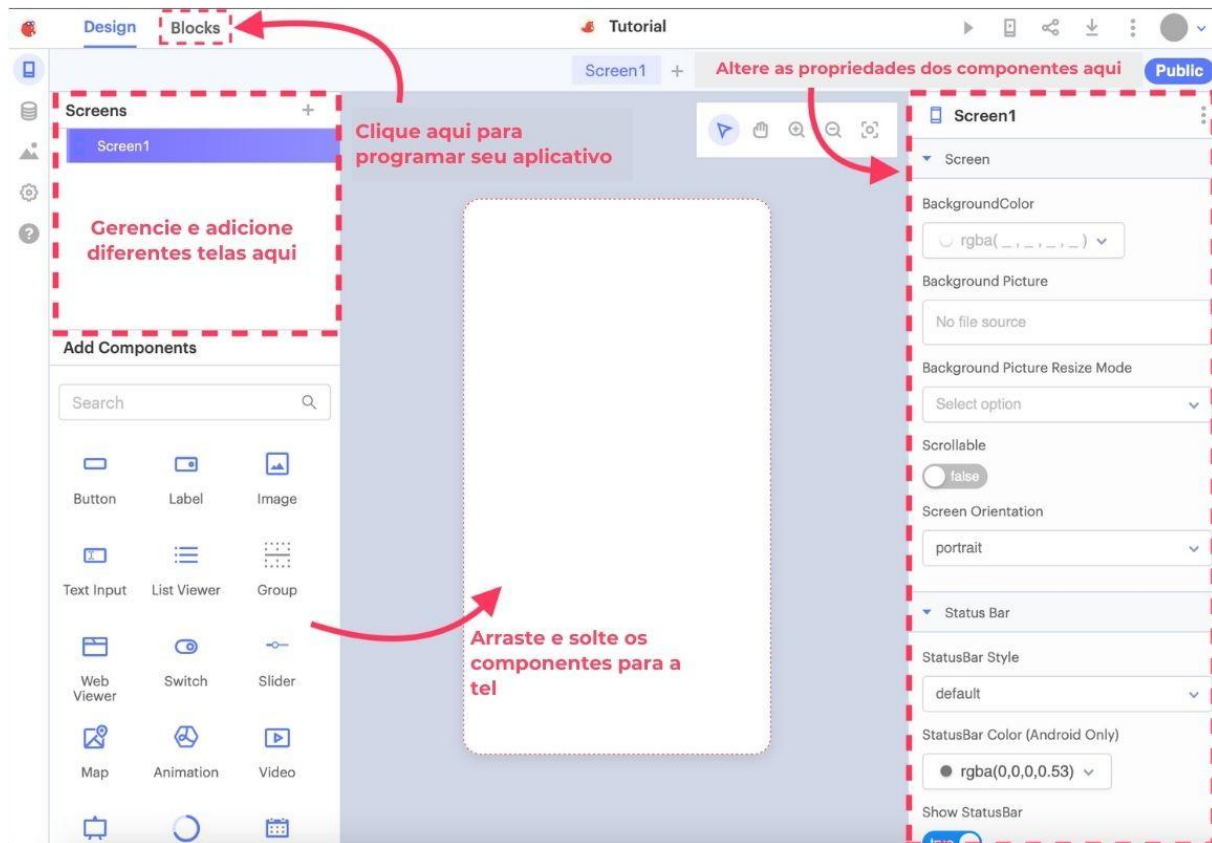
Conforme argumenta Cavalcante (2016), o destaque recente na área de educação em programação resultou em vários movimentos voltados para a promoção e estímulo do ensino introdutório de programação. O surgimento de plataformas com essa finalidade, que incorporam abordagens lúdicas, ambientes amigáveis e facilidade de uso, é um reflexo direto dessas iniciativas.

Nesse sentido, o Thunkable é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos móveis que permite que pessoas sem conhecimento avançado em programação criem aplicativos para dispositivos iOS e Android. A plataforma é projetada para ser acessível a iniciantes e não programadores, mas também oferece recursos mais avançados para pessoas com conhecimento mais aprofundado no assunto.

O termo "Thunkable" vem de "think" (pensar) e "build" (construir), refletindo a abordagem de permitir que os usuários pensem em suas ideias e as construam em aplicativos funcionais, da forma que desejarem. A programação desses aplicativos consiste, basicamente, no uso de blocos lógicos que, quando combinados entre si, podem ser usados para adicionar funcionalidades ao programa, como botões, listas, câmera, GPS, notificações, entre outros. Além disso, é válido ressaltar que a plataforma permite que essas aplicações possam ser testadas em tempo real, enquanto são construídas, fato este que permite ajustes e melhorias instantâneas. Por esses motivos, o Thunkable (figura 5) é especialmente popular tanto em ambientes escolares e universitários, quanto no meio empresarial. Por possuir uma interface relativamente simples, o software permite um

aprendizado rápido e manuseio extremamente intuitivo, possibilitando assim, a criação de projetos educacionais e, até mesmo, a produção de aplicativos para empresas comercializarem.

**Figura 5: Tela de design da plataforma Thinkable.**



Fonte: Os autores.

## Airtable

Um sistema de banco de dados refere-se a um conjunto de processos computacionais que gerencia e organiza registros, tornando-os acessíveis aos usuários, os quais têm a capacidade de executar diversas operações, incluindo consultas, modificações, exclusões, atualizações e inserções de novos dados nos bancos de dados (DUTRA, 2017).

Nesse sentido, plataformas como o AirTable surgem como interessantes alternativas para armazenar dados importantes para a execução de projetos de IoT, por exemplo, haja vista que são bancos de dados temporais, e segundo Dutra (2017), estes são capazes de armazenar diferentes informações ao longo do tempo, ao invés de substituí-las por informações, como acontece normalmente em bancos de dados regulares. Isso faz com que comparativos sejam dificultados, por exemplo.

Desse modo, o Airtable é uma plataforma de software que combina elementos de um banco de dados com a flexibilidade de uma planilha. Ele permite que os usuários criem e gerenciem bancos de dados personalizados para uma ampla variedade de fins, desde rastrear projetos e tarefas até gerenciar inventários, acompanhar informações de clientes e muito mais. O Airtable é conhecido por sua interface amigável e visual, o que o torna acessível a pessoas que talvez não tenham experiência em programação ou bancos de dados.

Por outro lado, além da grande versatilidade do software, pode ser destacada, também, a sua segurança. Isso porque, o Airtable oferece controles de acesso granulares, permitindo que os administradores gerenciem quem tem permissões para visualizar, editar ou colaborar em diferentes partes da base de dados. Somado a isso, por

disponibilizar um aplicativo móvel que permite acessar e editar dados em movimento, além de receber notificações, o Airtable é extremamente indicado para programas de monitoramento de dados, por exemplo.

Sendo assim, é comum que o Airtable seja amplamente utilizado em diversas áreas, incluindo gerenciamento de projetos, rastreamento de leads e vendas, organização de eventos, gerenciamento de recursos humanos, entre outros. Sua enorme gama de possibilidades e facilidade de uso o tornam uma ferramenta popular para equipes e indivíduos que desejam criar e gerenciar bancos de dados personalizados sem a necessidade de habilidades avançadas em bancos de dados ou programação.

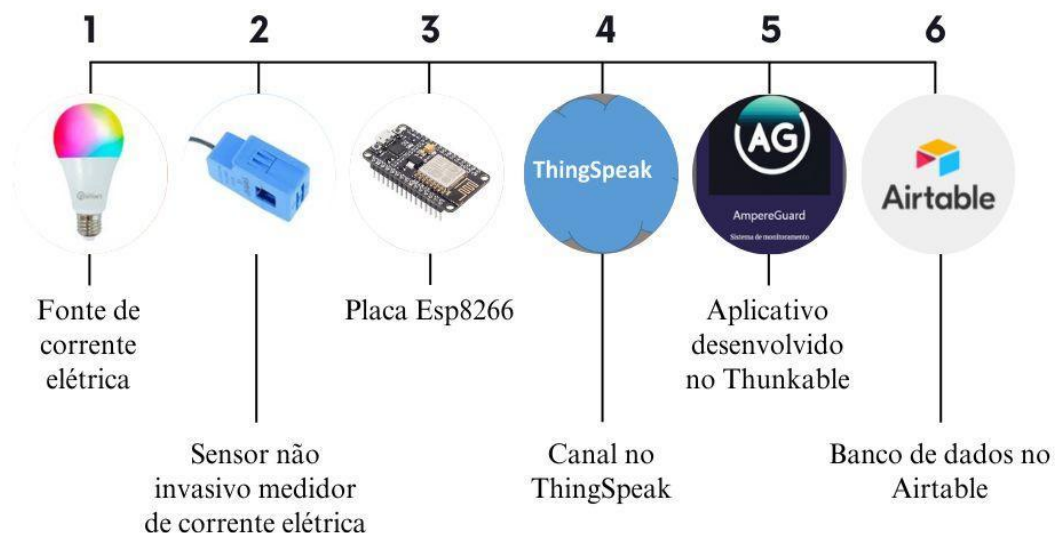
## METODOLOGIA

No que diz respeito à metodologia empregada na condução desta pesquisa, foi adotada uma abordagem envolvendo a utilização de uma variedade de softwares compatíveis com a Internet das Coisas, juntamente com a implementação de dispositivos essenciais, como o sensor medidor de corrente elétrica (figura 4) e a placa Esp8266 (figura 3). O esquema apresentado na figura 6 ilustra de forma precisa a sequência de métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Em um estágio inicial, foi desenvolvido um programa no software Arduino IDE (figura 2) com o objetivo de viabilizar a transferência das leituras de corrente alternada obtidas pelo sensor para o Esp8266.

Uma vez completada essa etapa crucial, os dados coletados são direcionados para o software ThingSpeak, onde são armazenados em diferentes canais. Este passo possibilita a criação de gráficos, tabelas e outras representações visuais dos dados coletados. Em seguida, esses dados, agora guardados na "nuvem", são transmitidos para o software Thunkable. No âmbito deste aplicativo, uma interface intuitiva foi desenvolvida, possibilitando a visualização dos dados previamente enviados ao ThingSpeak.

Por fim, os dados exibidos no aplicativo serão arquivados na plataforma Airtable, uma "nuvem" de armazenamento que utiliza bancos de dados organizados em formato de tabelas. Esse processo contribuirá para a integridade e acessibilidade dos dados ao longo da pesquisa.

**Figura 6: Esquema a respeito do funcionamento dos softwares na pesquisa.**



**Fonte: Os autores.**

- **Leituras do sensor SCT-013-000**

Nesta primeira etapa da coleta de resultados, o principal atuante foi o sensor medidor de corrente elétrica não invasivo. Graças a programação desenvolvida, este aparelho foi capaz de realizar as medições de corrente elétrica necessárias. Essas leituras foram realizadas em uma lâmpada de 9 watts, para que fosse possível



verificar o correto funcionamento do sensor, bem como validá-lo posteriormente com o auxílio de um multímetro.

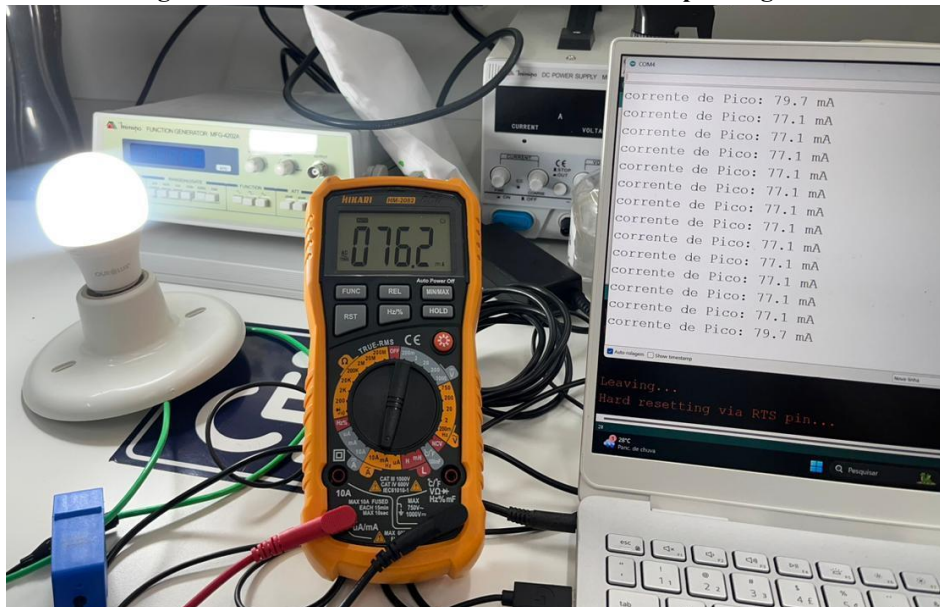
A figura 7 mostra momentos em que o sensor estava “zerado”, ou seja, não captava corrente elétrica alguma, resultado este que foi o mesmo mostrado pelo multímetro. Por outro lado, figura 8 flagra momentos nos quais a lâmpada consumia corrente elétrica, por estar ligada, evidentemente. Com isso, os valores captados e exibidos, tanto pelo sensor, quanto pelo multímetro sofreram alterações, indicando valores muito próximos entre si: 77.1 miliampères e 76.2 miliampères.

**Figura 7: Leitura de corrente elétrica com a lâmpada desligada.**



Fonte: Os autores.

**Figura 8: Leitura de corrente elétrica com a lâmpada ligada.**



Fonte: Os autores

- Programa no Arduino IDE

Nesta fase da pesquisa, o código fonte (figuras 9 e 10) foi desenvolvido para o Esp8266 com o propósito de efetuar a medição de corrente elétrica por meio do sensor não invasivo. O código foi concebido para calcular a corrente eficaz que percorre um cabo elétrico e, em seguida, transmitir essa informação pela porta serial, uma das funcionalidades do software.

Adicionalmente, para enviar as leituras captadas pelo sensor ao software ThingSpeak, foram incluídas informações sobre o canal previamente criado no ThingSpeak, assim como os dados de conexão Wi-Fi. Essa configuração possibilita a leitura dos dados em diferentes locais, como residências distintas, por exemplo. A elaboração desse código final demandou diversos cálculos para determinar valores de referência e calibração, permitindo ao sensor realizar a medição de corrente elétrica de maneira precisa. Para este projeto específico, o cálculo do resistor de carga foi estabelecido em 2,3k $\Omega$ , conforme orientações disponíveis em Gustavo (2021).

Figura 9: Código fonte desenvolvido no software Arduino IDE.



```
final_final_final $
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

#define THINGSPEAK_CHANNEL_ID 2356173// Substitua 123456 pelo ID do seu canal ThingSpeak
char ssid[] = "Device"; // Nome da sua rede Wi-Fi
char password[] = "DeviC32021"; // Senha da sua rede Wi-Fi
char thingSpeakApiKey[] = "QY58NJXIKQTAWXSZ"; // Chave da API do ThingSpeak

WiFiClient client;

float corrente_inst[300];
int pino_sensor = A0;
float corrente_pico;
float maior_valor = 0;

// Constantes
const int leituras = 300;
const int atraso_entre_leituras = 600;
const int valor_offset = 535;
const float fator_conversao = 4.8828;
const float divisor_conversao = 2000;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pino_sensor, INPUT);

  // Conectar-se à rede Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando ao WiFi...");
  }
  Serial.println("Conectado ao WiFi");

  // Inicializar a biblioteca ThingSpeak
  ThingSpeak.begin(client);
}

void loop() {
```

Fonte: Os autores.

**Figura 10: Código fonte desenvolvido no software Arduino IDE.**

```

final_final_final $
}

void loop() {
  maior_valor = 0;

  // Realiza leituras do sensor
  for (int i = 0; i < leituras; i++) {
    corrente_inst[i] = analogRead(pino_sensor);
    delayMicroseconds(atraso_entre_leituras);
  }

  // Encontra o maior valor
  for (int i = 0; i < leituras; i++) {
    if (maior_valor < corrente_inst[i]) maior_valor = corrente_inst[i];
  }

  // Calcula corrente de pico
  corrente_pico = maior_valor - valor_offset;
  corrente_pico = corrente_pico * fator_conversao;
  corrente_pico = corrente_pico / divisor_conversao;

  // Imprime resultado no Serial
  Serial.print("Corrente de Pico: ");
  Serial.print(corrente_pico * 1000, 1);
  Serial.println(" mA");

  // Envia dados para o ThingSpeak
  ThingSpeak.setField(1, corrente_pico);
  int status = ThingSpeak.writeFields(THINGSPEAK_CHANNEL_ID, thingSpeakApiKey);
  if (status == 200) {
    Serial.println("Dados enviados para o ThingSpeak com sucesso!");
  } else {
    Serial.println("Falha ao enviar dados para o ThingSpeak. Código de status: " + String(status));
  }

  // Pequeno atraso para permitir a transmissão no Serial
  delay(10000); // Atraso de 10 segundos entre envios para respeitar os limites do ThingSpeak
}

```

**Fonte: Os autores.**

- **ThingSpeak**

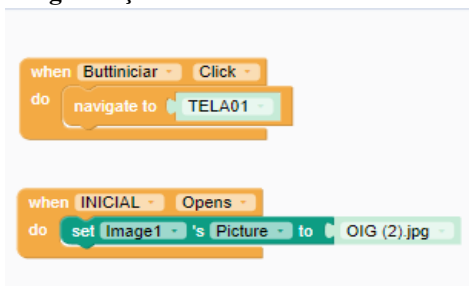
Inicialmente, no software ThingSpeak, foi criado o canal que receberá e armazenará os dados coletados pelo sensor medidor de corrente elétrica, os quais serão enviados posteriormente ao software Thunkable para que os usuários possam acompanhar a corrente de energia elétrica de suas residências. Ao receber os dados provenientes das leituras de corrente elétrica do sensor, o ThingSpeak compila essas informações e os exibe em forma de gráficos, que podem ser utilizados para realizar posteriores comparativos caso seja de interesse do usuário.

- **Thunkable**

Nesta etapa do trabalho, foi desenvolvido o aplicativo AmpereGuard, que é o canal pelo qual os usuários poderão visualizar os dados de corrente elétrica coletados pelo sistema de monitoramento. O nome do aplicativo faz alusão à unidade “Ampère”, que é a unidade de medida para corrente elétrica no Sistema Internacional. Já o termo “Guard”, que significa “guarda”, diz respeito à capacidade da aplicação de proteger os dados dos usuários.

Para o desenvolvimento das funcionalidades do aplicativo mobile, foi utilizada a programação em blocos disponibilizada pelo software Thunkable, como mostram as figuras 11, 12 e 13. Foram planejadas duas telas distintas, ambas com uma função específica cada. A programação da tela inicial, indicada pela figura 11, é dedicada à apresentação do aplicativo, onde é exibida uma introdução e um botão para iniciar a utilização do sistema. Ao acionar este botão, os usuários são redirecionados para a segunda tela.

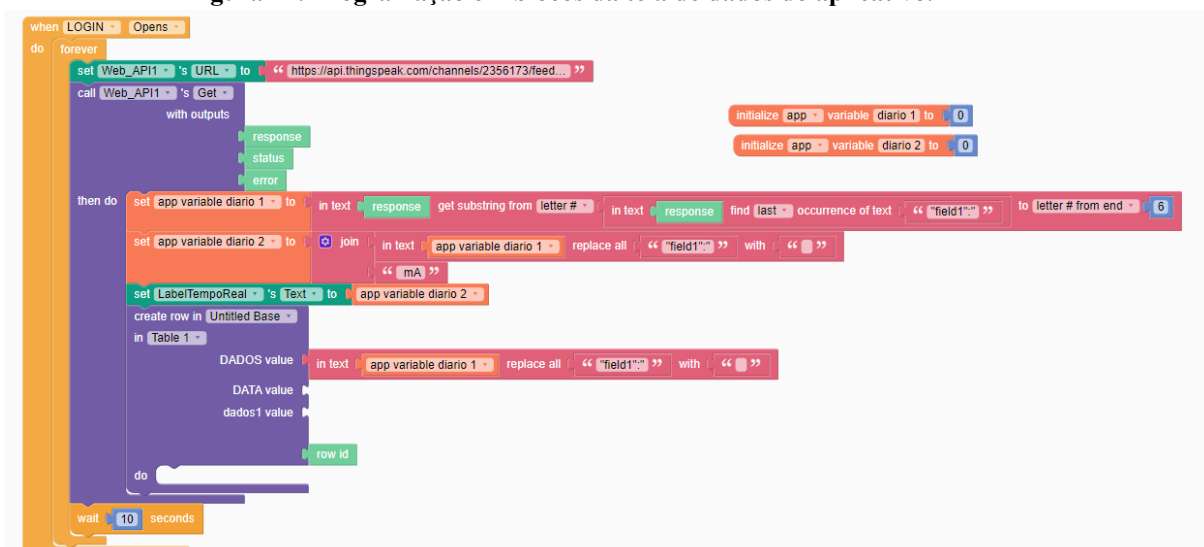
Figura 11: Programação em blocos da tela inicial do aplicativo.



Fonte: Os autores.

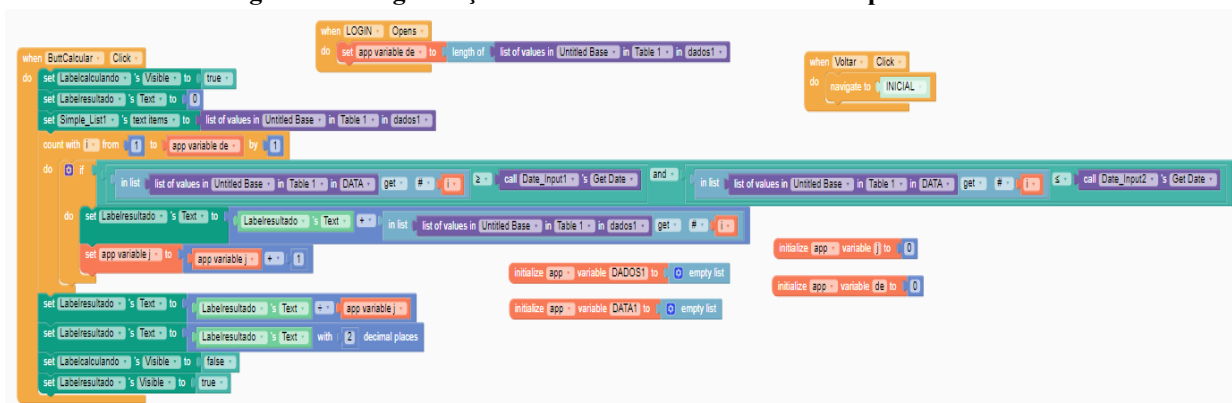
Posteriormente à inicialização, os usuários são guiados para a segunda tela do aplicativo, onde podem visualizar informações cruciais disponibilizadas pelo ThingSpeak. Nessa etapa, a programação mostrada pelas figuras 12 e 13 foi desenvolvida para exibir dados referentes à corrente elétrica da residência de forma clara e organizada, por meio de gráficos e valores numéricos. O usuário tem a possibilidade de escolher o período o qual deseja analisar, bem como observar a corrente adquirida em tempo real, possibilitando uma visão detalhada do uso de energia no referido espaço de tempo, a fim de proporcionar comparativos em relação aos dados de corrente elétrica indicados pela concessionária de energia no mesmo período, por exemplo. Ademais, essa funcionalidade do aplicativo proporciona uma gestão mais eficaz e consciente de recursos energéticos, promovendo um uso mais responsável e sustentável destes.

Figura 12: Programação em blocos da tela de dados do aplicativo.



Fonte: Os autores.

Figura 13: Programação em blocos da tela de dados do aplicativo.



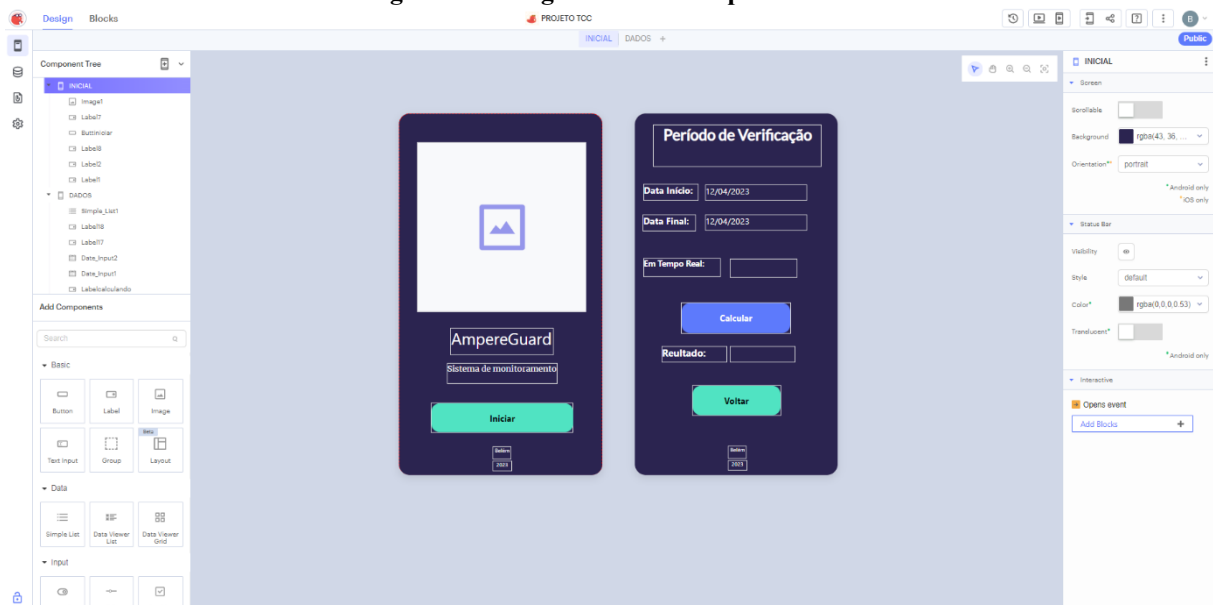
Fonte: Os autores.

Além do processo de programação, um esforço significativo foi direcionado ao desenvolvimento do design da interface das telas do aplicativo (figura 14). Esse aspecto crucial foi abordado com metas precisas, buscando transformar a aplicação em algo mais do que simplesmente funcional, visando torná-la altamente interativa e acessível a todos os usuários.

Como resultado, uma das metas principais concentrou-se na criação de uma interface intuitiva, permitindo que os usuários naveguem pelo aplicativo de maneira fluida, sem enfrentar obstáculos ou dificuldades. Essa abordagem visava oferecer uma experiência sem atritos, onde as funcionalidades do aplicativo pudessem ser facilmente compreendidas e utilizadas, independentemente do nível de familiaridade do usuário com a tecnologia.

Em resumo, a estratégia adotada no desenvolvimento da interface do aplicativo buscou criar não apenas um ambiente visualmente atraente, mas, sobretudo, um espaço no qual a interatividade, acessibilidade, eficiência e estética se combinam harmoniosamente para oferecer aos usuários uma experiência completa, agradável e funcional.

**Figura 14: Design das telas do aplicativo.**



Fonte: Os autores.

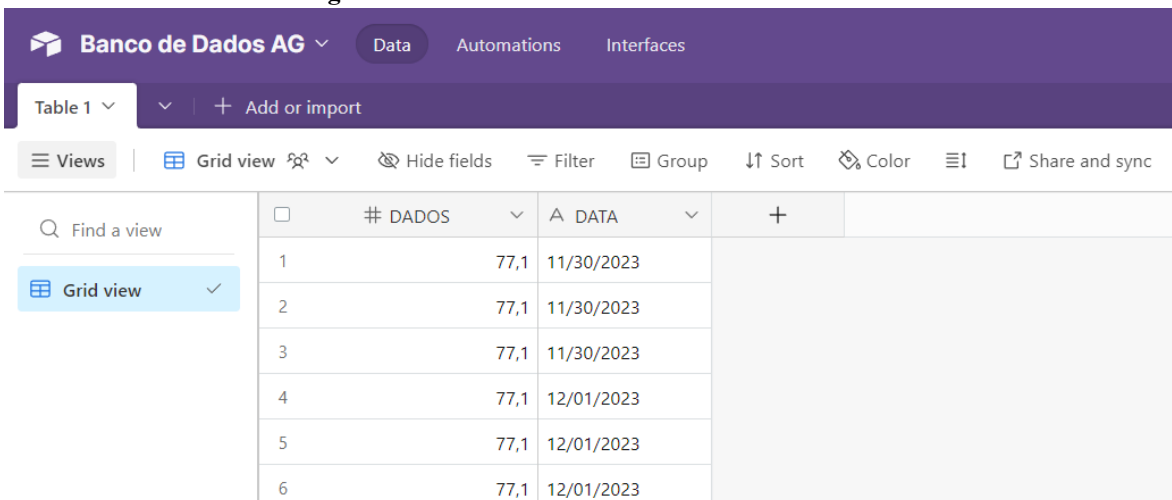
- **Airtable**

Para um eficaz gerenciamento dos dados, o software utilizado foi o Airtable, uma plataforma versátil que permite a criação de planilhas dinâmicas e o armazenamento de informações de maneira organizada na nuvem, garantindo acesso e manipulação conforme as necessidades. No ambiente do Airtable, cada coluna da planilha representa uma entidade de informação distinta.

Nesse contexto, conforme mostra a figura 15, a primeira coluna da planilha, a coluna “DADOS” tem o papel de armazenar os valores de corrente elétrica lidos pelo sensor, ou seja, a corrente elétrica consumida pelo aparelho que está sendo medido. Por outro lado, a segunda coluna, a coluna de nome “DATA”, é reservada para as datas em que as leituras são realizadas.

Assim, essa estruturação cuidadosa permite garantir a segurança e o acesso controlado aos dados de corrente elétrica adquirida, preservando a privacidade dos usuários e mantendo a integridade do sistema. Desse modo, alcança-se uma gestão robusta e organizada dos dados, essencial para uma experiência de usuário eficiente e segura.

Figura 15: Banco de dados no software Airtable.



# DADOS	A DATA
1	77,1 11/30/2023
2	77,1 11/30/2023
3	77,1 11/30/2023
4	77,1 12/01/2023
5	77,1 12/01/2023
6	77,1 12/01/2023

Fonte: Os autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **ThingSpeak**

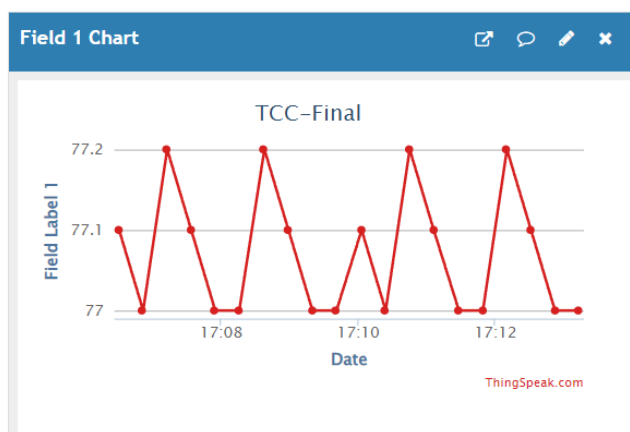
Nesta etapa da coleta de resultados, os dados que foram coletados pelo sensor, foram enviados ao software ThingSpeak (figura 16), onde podem ser observados em forma de gráficos. Esta finalidade permite que os usuários tenham um entendimento melhor e tenham a percepção visual do aumento ou da redução do consumo de energia elétrica do local analisado.

Além disso, por ser um software capaz de armazenar dados em nuvem, ele permite que haja a manutenção de um histórico de informações, algo que é extremamente benéfico para a pesquisa, já que esta funcionalidade permite que os usuários possam realizar futuros comparativos, conforme seu próprio interesse, podendo observar os locais da residência onde a leitura da corrente elétrica é maior, por exemplo. Isso possibilita que sejam tomadas decisões a respeito da gestão dos recursos elétricos de uma residência.

Figura 16: Leitura do canal no ThingSpeak.

### Channel Stats

Created: 8.minutes.ago  
 Entries: 20



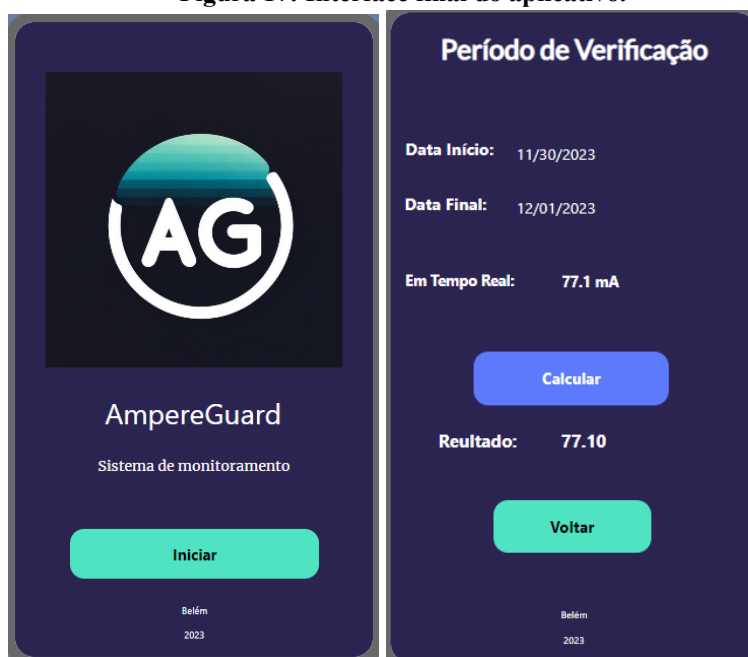
Fonte: Os autores

- **Thunkable**

A programação em blocos desenvolvida no software Thunkable resultou na interface de aplicativo apresentada pela figura 17. Nela, podem ser observados os dados do período de coleta escolhido pelo próprio usuário, além, é claro, dos dados lidos em tempo real pelo sensor SCT-013-000, o sensor medidor de corrente não invasivo.

Pelo fato de o Thunkable também ser um software conectado à Internet das Coisas, a sua utilização na pesquisa foi uma decisão acertada. Através dele, foi desenvolvida a aplicação que será disponibilizada aos futuros usuários do sistema de medição. Este aplicativo permite que as pessoas tenham acesso à dados de corrente elétrica de suas residências do local de onde estiverem, de maneira rápida e prática, sendo apenas necessário utilizar um aparelho de telefone celular.

**Figura 17: Interface final do aplicativo.**



**Fonte: Os autores.**

## CONCLUSÃO

Com a evolução constante da tecnologia e a necessidade premente de adotar práticas mais sustentáveis, a criação de um aplicativo móvel especializado em monitoramento de da corrente elétrica residencial se revela uma iniciativa de grande relevância. Isso porque a utilização de um aplicativo não apenas facilita o acesso a dados de corrente elétrica, mas também oferece a possibilidade de uma gestão energética personalizada ao usuário, além de promover a maior conscientização sobre o consumo de energia e seus impactos no meio ambiente e nas finanças pessoais.

O monitoramento da corrente elétrica permite, por exemplo, uma compreensão detalhada do consumo de energia em uma residência. Essa informação é crucial para a implementação de estratégias de eficiência energética em edificações, uma preocupação central na engenharia civil. Os dados coletados podem ajudar na identificação de padrões de uso e na otimização de sistemas para reduzir o desperdício de energia. Além disso, ao analisar esses dados, os engenheiros civis podem fazer um dimensionamento mais preciso dos sistemas elétricos em residências. Isso é fundamental para garantir que os componentes, como fios e disjuntores, sejam adequados às demandas de consumo, evitando sobrecargas e garantindo a segurança elétrica das edificações. Por outro lado, o monitoramento contínuo da corrente elétrica permite a implementação de práticas de manutenção preditiva. Os engenheiros civis podem utilizar dados históricos para identificar possíveis falhas em equipamentos elétricos e sistemas, permitindo intervenções antes que ocorram problemas mais sérios. Isso contribui para a durabilidade e segurança das instalações elétricas.

Ademais, a utilização de softwares e dispositivos conectados à Internet das Coisas é extremamente benéfica para a indústria da construção civil. No caso específico desta pesquisa, a utilização de um ESP8266 e do sensor medidor de corrente não invasivo representa um exemplo de como as tecnologias inteligentes podem ser integradas em edificações residenciais. Essa integração é uma tendência crescente na engenharia civil, permitindo maior controle e eficiência no gerenciamento de recursos elétricos. Por exemplo, caso haja problemas elétricos, o monitoramento contínuo da corrente elétrica possibilita um diagnóstico mais rápido e preciso. Isso facilita a identificação da origem de falhas e a implementação de soluções de forma eficiente, minimizando o tempo de inatividade e os custos associados.

Assim, o uso de tecnologias como o ESP8266 e sensores de corrente não invasivos na monitorização elétrica residencial não apenas beneficia os moradores, mas também oferece oportunidades significativas para os engenheiros civis promoverem eficiência, segurança e conformidade com padrões na construção e manutenção de edificações.

Já em relação ao armazenamento em nuvem dos dados coletados, essa é uma funcionalidade que permite a implementação de medidas robustas de segurança e a análise histórica dessas informações. Isso contribui para a proteção dos dados de corrente elétrica contra perdas acidentais ou acesso não autorizado, bem como para futuros comparativos com o intuito de melhorar a gestão de corrente elétrica. Neste trabalho, através da coleta e armazenamento das informações de corrente elétrica no banco de dados do Airtable, é possível a manutenção de um histórico detalhado da corrente elétrica ao longo do tempo, que pode ser acessado de maneira prática e rápida, de qualquer aparelho celular. Esses registros históricos se transformam em valiosos recursos, permitindo análises comparativas e a extração de insights fundamentais para tomar melhores decisões no que diz respeito à gestão de energia de uma residência.

Além do mais, sistemas de monitoramento automatizado também podem enviar alertas em caso de fluxo anormal de corrente elétrica, possibilitando a identificação rápida de problemas e evitando desperdícios de energia e custos adicionais.

Em suma, ao criar um aplicativo móvel de monitoramento de corrente elétrica, é apresentada uma ferramenta segura, intuitiva, essencial e inovadora para os usuários atuais e futuros, capacitando-os a fazer escolhas mais conscientes, a economizar recursos valiosos e a construir um futuro mais sustentável para as próximas gerações. Portanto, essa iniciativa não apenas atende às necessidades imediatas, mas também representa um passo significativo em direção a um futuro mais consciente e eficiente no uso da energia elétrica.

Por fim, como sugestão, o aprofundamento do trabalho para monitorar a tensão elétrica das residências pode ser feito de maneira relativamente simples. Ao multiplicar os valores de tensão pela corrente elétrica, obtêm-se dados de potência. Estes, por sua vez, ao serem multiplicados por um intervalo de tempo, como por exemplo os 30 dias de um mês, resultam em dados de consumo elétrico mensal de uma residência ou de um empreendimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACCARDI, A.; DODONOV, E. Automação Residencial: Elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos. Revista T.I.S, São Carlos, v. 1, n. 2, p. 156-166, 2012. ISSN 2316-2872.
2. AURELIANO, A. Microcontroladores. Fiozera, 2017. Disponível em: <<https://fiozera.com.br/microcontroladores-914a59cbf7de>>. Acesso em: 9 de Outubro de 2023.
3. CAVALCANTE, Ahemenson Fernandes. Pensamento computacional e programação introdutória: um estudo de caso sobre competências desenvolvidas na programação em blocos com o code.org. / Ahemenson Fernandes Cavalcante. – Rio Tinto: [s.n.], 2016.
4. DUTRA, Luís Fernando Giacomini. Aplicando o conceito de banco de dados temporais no aplicativo Calendar Tattoo. 2017. 41 f. Monografia (II Curso de Especialização em Banco de Dados) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.
5. FAN, T.; CHEN, Y. A Scheme of Data Management in the Internet of Things 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2010.
6. FIGUEIREDO, J. A. O. d. Aquisição de Grandezas Elétricas: Definição de arquitetura, método e validação em protótipo. Dissertação (Dissertação de mestrado) — Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada, Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Iceg, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo-RS, 2016.
7. GUSTAVO, L. Medição de Corrente Elétrica com Sensor Não Invasivo STC013 na Casa Conectada IoT, 2021. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=moEspKVIRBk>> Acesso em: 28 Novembro 2023.
8. GUSTAVO, L. O que é ThingsPeak? 2021. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=rpf0xhpyiEk>> Acesso em: 28 Novembro 2023.
9. HARAKAWA, F. S; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento e Implementação do Aplicativo Mobile Blog de Todas – Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, Departamento de Tecnologia da Informação (DTecInf) – Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2021.
10. MURATORI, J. R.; DAL BÓ, P. H. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. O Setor elétrico, São Paulo, n. 62, p. 70, Março 2011.
11. OLIVEIRA, D. V. G.; PETREK, F. J. Sistema de automação residencial controlado via web. 2014. 170. Monografia (Graduação Engenharia Industrial Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2014.
12. RAYES, A.; SALAM, S. Internet of Things From Hype to Reality. [S.l.: s.n.], 2019. ISBN 9783319995151.
13. SANT'ANNA, B. G. H. Automação residencial com Nodemcu – Niterói,. RJ : [s.n.], 2018. 42 f.
14. WAHER, P. Learning Internet of Things Paperback. Packt Publishing Ltd. Birmingham. Mumbai, 2015.
15. WENDLING, M. Sensores. Dissertação (Artigo) — Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá-SP, 2010.