



## IoT Aplicada ao Monitoramento Energético em Residências e Empresas

Caroline Begiato Cabral<sup>1</sup>, Guilherme de Souza Ponciano Voz<sup>1</sup>, Nicolas Gonçalves Santos<sup>1</sup>, Renata Freire Ardito<sup>1</sup>, Wallace Rodrigues de Santana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)  
Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 - Brasil

10419181@mackenzista.com.br, 10373466@mackenzista.com.br,  
10418047@mackenzista.com.br, 10417520@mackenzista.com.br,  
1165744@mackenzie.br

**Abstract.** This article describes the Energy Consumption Monitoring project, aligned with SDG 7 – Affordable and Clean Energy, developed using sensors and IoT protocols, such as MQTT, to help households and businesses adopt more sustainable practises through real-time monitoring of electricity consumption, enabling efficient data collection and analysis. The focus os this system is to encourage the adoption of sustainable habits in daily life, prioritizing environmental preservation.

**Resumo.** Este artigo descreve o projeto de Monitoramento de Consumo de Energia, alinhado com o ODS 7 – Energia Acessível e Limpa, desenvolvido por meio de sensores e protocolos IoT, como o MQTT, a fim de auxiliar residências e empresas a adotarem práticas mais sustentáveis a partir de um monitoramento em tempo real do consumo elétrico, permitindo uma coleta e análise de dados eficiente. O foco desse sistema é incentivar a adoção de hábitos sustentáveis no dia a dia, priorizando a preservação ambiental.

### 1. Introdução

O desperdício de energia elétrica no Brasil é estimado em 43 TWh por ano, o equivalente ao atendimento de 20 milhões de residências (FIESC, 2022). Este dado revela hábitos incorretos dos brasileiros em relação ao consumo de energia em suas residências e empresas. Com a vida cada vez mais corrida, a população acaba deixando de lado a preocupação com a economia de energia elétrica, talvez por acreditar que um descuido individual não traga prejuízos coletivos. Todavia, tal atitude produz um efeito cascata que, ao final dela, obriga a construção de mais usinas elétricas para cobrir o desperdício (BAHIA, 2024).

Com a adoção por parte de diversos países ao Acordo de Paris, em 2015, foi firmado um tratado com o objetivo de limitar o aumento do aquecimento global a menos 2°C, mantendo-o preferencialmente abaixo de 1,5°C. No entanto, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o IPCC, sugere que o aquecimento induzido pelo ser humano beira o 1,31°C, ou seja, está se aproximando do limite (IPEA, 2024).

Estudos sugerem que, com as mudanças climáticas e o consequente aumento da temperatura global, há uma tendência do incremento de aparelhos de ar-condicionado em empresas e residências. Tal movimento, no entanto, gera o fenômeno conhecido como retroalimentação positiva (SALAZAR; RAJAGOPALAN; MURRAY, 2020). Isto ocorre quando há uma maior procura por aparelhos de ar-condicionado com o objetivo de climatização dos ambientes de residência e trabalho, causadas justamente pela maior emissão de gases de efeito estufa ocorridos pelo uso desenfreado e inconsequente de energia elétrica. Com a instalação de aparelhos de climatização, no entanto, há um consumo ainda maior de energia, agravando ainda mais o aquecimento do globo.

Um estudo desenvolvido por pesquisadores do laboratório Cenergia (Centro de Economia Energética e Ambiental) da COPPE/UFRJ e da Universidade Ca'Foscari de Veneza, concluiu que um eventual aumento das vendas de aparelhos de ar-condicionado no Brasil pode levar a um aumento em mais de 125% da demanda de energia para a climatização nos próximos anos (COPPE/UFRJ, 2022).

Diante desse cenário, temos como objetivo desenvolver um sistema de Monitoramento de Consumo de Energia. Com este sistema, poderemos criar uma solução eficiente para residências e empresas, permitindo o acompanhamento detalhado e em tempo real do consumo elétrico. Através da coleta de dados e da geração de aletas, o sistema incentivará práticas mais sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício energético e promovendo o uso consciente da eletricidade.

O sistema será responsável por identificar padrões de empresas e residências, comparando dados e criando sugestões aos usuários sobre a melhor forma de utilizar a energia elétrica. É sabido que não é possível simplesmente deixar de utilizar aparelhos de ar-condicionado, por exemplo, devido ao calor intenso, e esse não é o objetivo. Graças ao sistema, os usuários poderão continuar utilizando tais aparelhos, porém, agora, de uma maneira mais consciente e sustentável.

Desse modo, o projeto vai de encontro total ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da Organização das Nações Unidas (ONU) (ONU BRASIL, 2025). Tal ponto tem como objetivo garantir o acesso a fontes de energia sustentáveis e modernas para todos.

Mais a diante, é detalhado, dentre os objetivos, a meta de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030, mesmo ano em que a ONU pretende ter aumentado substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global. O sistema de Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica desenvolvido neste projeto

será capaz de melhorar significativamente a eficiência energética, evitando o desperdício e ajudando a população ter mais acesso à energia limpa e acessível.

O objetivo poderá ser alcançado a partir da coleta de dados e geração de alertas, permitindo o acompanhamento detalhado e em tempo real do consumo em residências e empresas. A partir disso, o sistema incentivará práticas mais sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício energético e promovendo o uso consciente da eletricidade.

O sistema contará com sensores de medição de consumo de energia elétrica, responsáveis por capturar informações sobre a quantidade de energia utilizada em determinados períodos. Estes dados serão processados e exibidos em um dashboard interativo com gráficos informativos e alertas de consumo excessivo. Tais dados serão de suma importância para a adoção de práticas melhores por parte dos usuários, inclusive ao ressaltar a economia financeira que estas mudanças podem trazer ao plano individual.

Os sensores estarão conectados ao sistema central através de uma comunicação realizadas por protocolos de IoT, como o MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). A escolha deste protocolo se deve ao baixo consumo de dados, à fácil implementação e a possibilidade da troca de mensagens entre dispositivos para a nuvem e da nuvem para o dispositivo (AMAZON WEB SERVICES, 2025).

Serão aplicados conceitos como conectividade, sensoriamento e automação durante o desenvolvimento do projeto. Esta proposta não só reforça a importância da tecnologia IoT na gestão energética, mas também a adoção de hábitos sustentáveis no cotidiano, alinhados com as metas globais de eficiência energética e preservação ambiental.

Durante o projeto, aplicaremos conceitos como conectividade, sensoriamento e automação. A proposta não só reforça a importância da tecnologia IoT na gestão energética, mas também a adoção de hábitos sustentáveis no cotidiano, alinhados com as metas globais de eficiência energética e preservação ambiental.

## 2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento deste projeto de monitoramento de consumo de energia elétrica foi baseado na integração de diversos componentes de hardware e software que se comunicam de maneira eficiente para possibilitar a coleta, o armazenamento e a visualização dos dados de corrente elétrica em uma residência ou empresa. A seguir, há um detalhamento de cada um dos materiais, explicando seu funcionamento e papel no sistema.

### 2.1 Hardware Utilizado

- ESP32

O ESP32 foi a peça central do sistema de coleta de dados. Ele é altamente utilizado em projetos de Internet das Coisas (IoT) devido à sua capacidade de processamento,

conectividade Wi-Fi integrada e suporte ao protocolo MQTT, essencial para este projeto. O ESP32 é responsável por ler as medições de corrente elétrica através de sensores específicos e enviá-las para o broker MQTT.

Descrição de funcionamento: o ESP32 recebe o sinal analógico proveniente do sensor de corrente, o convertendo para sinal digital por meio de seu conversor analógico-digital (ADC) interno e processa a informação para ser transmitida via rede Wi-Fi.

- Sensor de Corrente (SCT-013-030)

Para medir a corrente elétrica, utilizamos o sensor não invasivo SCT-013-030, ideal para aplicações residenciais, pois permite a medição de corrente alternada (AC) sem a necessidade de romper ou interferir na instalação elétrica, garantindo maior segurança.

Descrição de funcionamento: o sensor funciona através do princípio do transformador de corrente, detectando a passagem de corrente elétrica no cabo e gerando uma tensão proporcional, lida pelo ESP32. O modelo SCT-013-030 é calibrado para fornecer um sinal de 1V quando a corrente medida atinge 30A, proporcionando medições precisas e seguras.

## 2.2 Software Utilizado

- Node-RED

O Node-RED foi empregado como a plataforma de integração e automação dos dados coletados, permitindo a criação de aplicações através da conexão de blocos chamados de "nós". A escolha pelo Node-RED se deveu à sua facilidade de uso, flexibilidade e ampla comunidade de suporte.

Descrição de funcionamento: no projeto, o Node-RED foi responsável por receber as mensagens publicadas pelo ESP32 via MQTT, processá-las, armazená-las no banco de dados InfluxDB e, adicionalmente, encaminhá-las, posteriormente, ao Grafana.

- MQTT Broker (Mosquitto)

O protocolo MQTT foi a base da comunicação entre o ESP32 e o servidor. Para implementar o broker MQTT, utilizamos o Mosquitto, uma solução open source amplamente adotada pela comunidade IoT.

Descrição de funcionamento: o Mosquitto atua como intermediário entre os dispositivos, recebendo as publicações do ESP32 no tópico **iot/energia/consumo** e redistribuindo-as para os sistemas interessados, como o Node-RED.

- InfluxDB

O InfluxDB foi utilizado como banco de dados para armazenar as medições de corrente elétrica. Ele é especializado em dados de séries temporais, o que o torna ideal para armazenar informações associadas a registros com carimbo de data e hora.

Descrição de funcionamento: no projeto, criamos um bucket denominado **esp32\_corrente**, onde cada medição recebida do Node-RED era inserida automaticamente, com marcação de tempo, valor da corrente e identificação do dispositivo.

- Grafana

Para a visualização dos dados, empregamos o Grafana, uma poderosa ferramenta de criação de dashboards para análise e monitoramento de dados.

Descrição de funcionamento: configuramos o InfluxDB como fonte de dados no Grafana e criamos dois dashboards principais: um para exibir a última medição de corrente elétrica (em tempo real) e outro para apresentar gráficos com a evolução do consumo ao longo do tempo.

### 3. Resultados

Com a arquitetura montada, foram realizados diversos testes para verificar a eficiência da aquisição, transmissão e visualização dos dados.

#### 3.1 Testes de Aquisição de Dados

Ao conectar o sensor de corrente em uma linha elétrica com carga variável verificou-se a precisão da leitura em tempo real. Os dados publicados via MQTT eram recebidos pelo Node-RED com baixa latência.

#### 3.2 Armazenamento e Consulta no InfluxDB

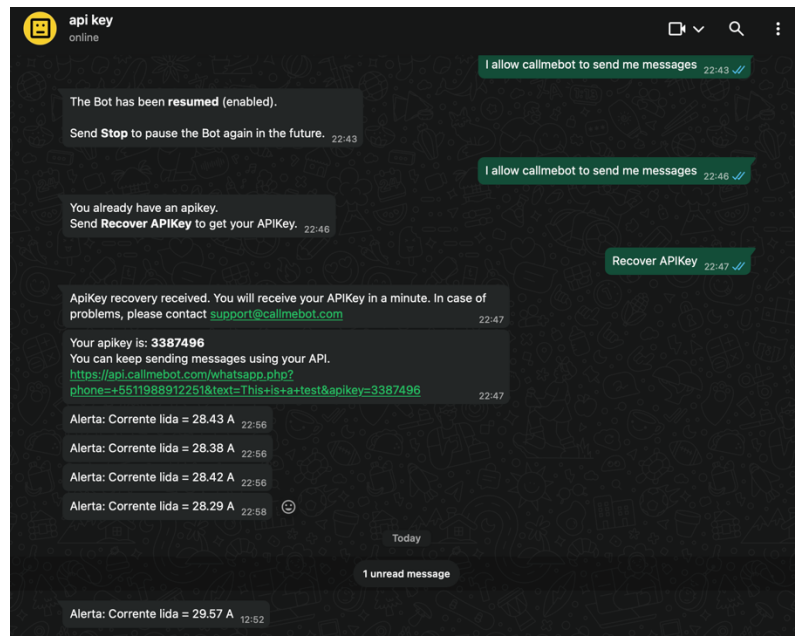
Foi validado que os dados estavam sendo armazenados corretamente no bucket **esp32\_corrente**. A consulta via linguagem SQL retornava corretamente os valores de corrente, permitindo análises em qualquer intervalo de tempo.

#### 3.3 Visualização no Grafana

Os dashboards construídos exibiam os dados de forma precisa e clara. A visualização da última corrente funcionava como um painel de monitoramento imediato, enquanto o painel de corrente ao longo do tempo permitia observar picos, padrões de uso e comportamento geral do consumo.

### 3.4 Alertas e Requisições HTTP

O sistema de alerta funcionou corretamente: ao detectar um valor de corrente acima do limiar definido, uma mensagem era publicada em `iot/energia/alerta`, ativando uma requisição HTTP para um servidor remoto (simulado). Com isso, e com o uso da API Callmebot, era enviada uma mensagem por WhatsApp para o número cadastrado alertado sobre um alto consumo de energia elétrica.



## 4. Conclusões

O projeto alcançou com sucesso o objetivo de criar um sistema IoT funcional para monitoramento de consumo de energia elétrica. A integração entre sensores, ferramentas de processamento de dados (Node-RED), banco de dados (InfluxDB) e visualização (Grafana) se mostrou eficiente, confiável e expansível.

### 4.1 Significado dos Resultados

Os resultados obtidos demonstram que é viável, com baixo custo, criar uma solução de monitoramento de energia que permita desde o acompanhamento em tempo real até a análise detalhada do consumo elétrico, podendo impactar diretamente em medidas de economia de energia, segurança e detecção de falhas.

### 4.2 Vantagens do Projeto

- Monitoramento em tempo real e histórico;
- Custo acessível dos componentes;
- Possibilidade de expansão com mais sensores (tensão, temperatura, umidade);
- Sistema modular com capacidade de integração com APIs e automação residencial.

### 4.3 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento, alguns desafios surgiram:

- Configuração inicial do bucket do InfluxDB com token correto;
- Criação de painéis personalizados no Grafana que representassem fielmente os dados.

### 4.4 Projetos Futuros

Para trabalhos futuros, propõe-se:

- Inclusão de sensores de tensão e cálculo da potência e consumo em kWh;
- Desenvolvimento de um aplicativo mobile para o usuário acompanhar em tempo real;
- Integração com sistemas de automação residencial para corte automático de energia;
- Implementação de machine learning para prever picos de consumo e sugerir reduções.

Em resumo, o projeto demonstrou na prática como ferramentas modernas e acessíveis podem ser utilizadas para resolver problemas reais, com potência de aplicação em diversas áreas residenciais, comerciais e industriais.

## 5. Referências

AMAZON WEB SERVICES. *O que é o MQTT?*

Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/mqtt/#:~:text=O%20MQTT%20é%20um%20protocolo,da%20nuvem%20para%20o%20dispositivo>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BAHIA, Governo do Estado. Consumo perdulário faz Brasil desperdiçar 10% da energia elétrica. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Bahia – SECTI, 2024. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/secti/noticia/2024-05/675/consumo-perdulario-faz-brasildesperdicar-10-da-energia-eletrica>. Acesso em: 8 abr. 2025.

COPPE/UFRJ. Estudo aponta aumento de 125% na demanda de energia elétrica para climatização até 2025. 2022. Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/estudo-apontaaumento-de-125-na-demanda-de-energia-eletrica-para-climatizacao-ate-2050>. Acesso em: 8 abr. 2025.

FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. Desperdício elétrico no Brasil equivale ao consumo de 20 milhões de residências. 2022. Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/desperdicio-eletrico-no-brasil-equivale-aoconsumo-de-20-milhoes-de-residencias>. Acesso em: 8 abr. 2025.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Aquecimento global à beira do limite crítico de 1,5 °C. 2024. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central->

[deconteudo/noticias/noticias/460-aquecimento-global-a-beira-do-limite-critico-de-1-5-c.](#)

Acesso em: 8 abr. 2025.

ONU BRASIL. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: Energia Limpa e acessível. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SALAZAR, A.; RAJAGOPALAN, B.; MURRAY, K. The impact of climate change on residential air conditioning demand in the U.S. Energy and Buildings, v. 226, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820334824>. Acesso em: 7 abr. 2025.