



# **INTEGRAÇÃO DE PROTÓTIPOS EDUCACIONAIS À INTERNET DAS COISAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS DO DESENVOLVIMENTO DE UM MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA COM MONITORAMENTO PELA INTERNET**

Marcos Vinicius Souza Silva <sup>1</sup>  
Sabrina Montenegro Basto <sup>2</sup>  
Alexandre Akira Kida <sup>3</sup>

## **INTRODUÇÃO**

A energia elétrica é um recurso vital para o mundo e o seu gasto ao longo dos anos vem aumentando para suprir a alta demanda gerada pela área industrial, comercial, residencial e educacional. Nos dados do Balanço Energético Nacional feito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2021 o Brasil aumentou 4,5% a oferta de energia interna em comparação ao ano anterior, no mesmo ano o consumo em comparação a 2020 subiu 3,5% tendo como maiores participantes o setor industrial e o transporte de carga e passageiros (EPE, 2022).

O consumo excessivo e o desperdício acabam aparecendo como grandes problemas quando se trata da utilização de energia. Esses fatores causam uma menor eficiência energética e perda de dinheiro. Por isso, é significativo que o consumidor tenha acesso a importância que a eficiência energética proporciona, pois a mesma possibilita grandes vantagens quando se trata do consumo ou desperdício da energia elétrica. Dessa forma, tendo em vista os princípios da eficiência energética, qualquer consumidor será capaz de administrar sua residência de forma que os custos com energia elétrica sejam reduzidos e o nível da eficiência energética seja elevado (KLAUS, 2017).

Uma alternativa para efetuar a medição de energia elétrica são pelas redes elétricas inteligentes (RIVERA, 2013), porém o seu alto custo de implementação acaba, muitas vezes, inviabilizado sua aplicação. Um sistema do tipo pode ser desenvolvido de formas simples e de

---

<sup>1</sup> Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, [vininhosmarcos@outlook.com](mailto:vininhosmarcos@outlook.com);

<sup>2</sup> Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, [sabrinamontenegrob@gmail.com](mailto:sabrinamontenegrob@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor orientador: Mestre, Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, [alexandre.kida@ifba.edu.br](mailto:alexandre.kida@ifba.edu.br).

baixo custo, um exemplo é utilizando a placa Arduino com conexão à internet, tornando o projeto mais viável financeiramente.

Em uma instituição de ensino, há dificuldade em realizar o monitoramento eficiente do consumo de energia, levando em consideração o uso simultâneo de diversos equipamentos em diversas áreas como salas, laboratórios, escritórios, é impossível apenas por ação humana estabelecer um controle dos gastos. Com isso, pensando num menor custo, aproveitando dos recursos da instituição e objetivando um maior controle sobre o consumo de energia foi desenvolvido um sistema de monitoramento remoto utilizando o Arduino.

Um dos principais instrumentos para tornar possível a realização do projeto é a sua integração com a rede. A Internet das Coisas, em sua definição, se trata de uma expansão da Internet que possibilita a interação de dispositivos remotamente via a mesma (SANTOS, 2016). Um dos protocolos mais utilizados para a comunicação de sensores com a internet é o MQTT (do inglês *Message Queue Telemetry Transport*).

O MQTT é um protocolo de mensagens de publicar-assinar baseado em *brokers*, os quais são servidores que recebem as mensagens e as roteiam, criados pela IBM (*International Business Machines Corporation*). Utilizando o protocolo TCP/IP também é adequado para atender a ocasiões com restrições, como um dispositivo com recursos de pouca memória ou processador limitado. E como possui uma carga útil limitada a 256 MB de informação, este protocolo leve se torna adequado em redes custosas e não confiáveis (NASTASE, 2017).

Este trabalho relata as experiências obtidas no desenvolvimento um medidor de energia elétrica remoto utilizando um Arduino conectado à internet por meio da plataforma MQTT Cayenne.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho foi baseada na elaboração de um circuito protótipo em um laboratório de elétrica, utilizando uma bancada na qual o sistema foi montado, calibrado e testado.

Um conjunto formado por um transformador variável de 1,5 kVA e um resistor de potência de 39  $\Omega$  e 300 W foi utilizado para simular variações de carga.

Uma placa Arduino MEGA 2560 foi utilizada para processar as informações recebidas pelos sensores e, como saída, enviar os dados à internet por meio de um acessório conhecido como Ethernet Shield W5100. O Arduino IDE foi um *software* utilizado para realizar os uploads dos códigos na placa Arduino. Uma placa protoboard para realizar as montagens de componentes sem a necessidade de utilizar soldas.



Um sensor de tensão Zmpt101b foi utilizado para ler a tensão do circuito e encaminhar a informação para o Arduino. Este sensor estava conectado em paralelo com o resistor de 39  $\Omega$ . Este dispositivo possui um circuito de condicionamento de sinal, de forma que sua saída é em tensão e proporcional à tensão elétrica medida, e compreendida entre 0 e 5 V, adequado para leitura no Arduino. Um sensor de corrente SCT-013 foi utilizado para ler a corrente do circuito e encaminhar a informação para o Arduino. O sensor possui um transformador de núcleo dividido, por isso é do tipo não-invasivo. Sua conexão ao circuito a ser medido é rápida, sem necessidade de interrompê-lo. Este fornece uma corrente elétrica de 50 mA, para uma corrente máxima de 100 A. Como sua saída é de corrente, foi necessário realizar um circuito condicionador de sinal para que os valores de correntes medidos sejam traduzidos em valores de tensão, compreendidos entre 0 e 5 V, adequados ao Arduino. Este circuito possui um resistor de carga de 47  $\Omega$ , um capacitor de 10  $\mu\text{F}$  para eliminação de ruídos e um divisor de tensão montado a partir de dois resistores de 100 k $\Omega$ . Uma das conexões do sensor ficava entre o capacitor e a resistência de 43  $\Omega$  e a outra se encaminhava para o Arduino. Com todo esse processo era possível ter um sinal em forma de tensão sendo passado para o Arduino. O sensor depende do Conector Jack P2 para sua conexão com o protoboard, o mesmo apenas envolve o fio no seu interior para efetuar a medição.

Um alicate wattímetro Minipa ET-4080 foi usado para obter o primeiro valor de referência, a partir dele pôde-se calibrar os valores dentro do aplicativo (Arduino IDE). O processo de calibração foi realizado tomando como base dez valores distintos fornecidos pelo Arduino e os lidos pelo alicate wattímetro. O ajuste da constante de calibração, que corresponde ao coeficiente da inclinação da reta de calibração, foi suficiente para obter bons resultados com o protótipo. Desta forma, foi escolhido a constante de calibração que minimizasse o erro entre os valores lidos e medidos.

A Cayenne é uma plataforma gratuita da IoT utilizada para efetuar o monitoramento remoto pois possui um protocolo de mensagens MQTT, graças a ela é possível visualizar as entradas e saídas do Arduino de forma virtual, ou seja, aquilo que está passando pelo Arduino pode ser direcionado para o Cayenne. Periodicamente um relatório dos dados é concedido possibilitando o monitoramento remoto e a partir dele uma análise com base nos dados fornecidos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através do sistema desenvolvido, dentro do laboratório testes foram efetuados para avaliar a sua funcionalidade. Se tratava de uma conexão entre a placa com as resistências com

o transformador VARIAC e também com os sensores inseridos. O funcionamento do sistema de dava através de uma chave que controlava a alimentação para o circuito todo, quando acionada, por manuseio era possível alterar os valores de tensão que o transformador repassava para o restante do circuito, e com isso alterar também a corrente.

No desenvolvimento, verificou-se a necessidade de utilizar-se um resistor de carga adequado para que não haja distorções nos valores lidos pelo Arduino. Inicialmente, tinha sido utilizado um resistor de 1 k $\Omega$  e o transformador do sensor rapidamente se saturava, causando leituras errôneas pelo Arduino. Desta forma, foi utilizado um resistor de carga de 47  $\Omega$  tal que a tensão de saída esteja limitada em 2,5 V, para uma faixa de medição de até 0 a 75,2 A. O alicate wattímetro apresenta um erro proporcional ao fundo de escala. Para reduzir o impacto deste erro nas medições, foram utilizadas cinco voltas no condutor que envolvia a garra do alicate wattímetro e o sensor de corrente do Arduino. Desta forma, a corrente lida pelos aparelhos foi cinco vezes maior, reduzindo o impacto do erro de fundo de escala na medição.

Os sensores interpretavam as grandezas e encaminhavam a informação para o Arduino o qual realizava comunicação com um notebook que continha o aplicativo Arduino IDE para a programação. Quando realizados os uploads dos códigos para a leitura, os valores das grandezas lidas externamente eram visualizados pelo “monitor serial” do software, diante deste cenário para obter uma maior precisão na leitura os valores concedidos pelo alicate amperímetro eram usados de referência para calibrar aqueles interpretados pelo Arduino, dentro do programa a calibração era efetuado por uma codificação a qual se tratava de uma relação matemática, sendo esta pré-estabelecida pela biblioteca instalada do programa, já que a mesma foi adquirida já pronta feita por outros usuários.

A conexão com a internet foi realizada com a plataforma Cayenne. Primeiramente, deve-se criar uma conta em <https://cayenne.mydevices.com/>. Com posse desta conta, um projeto deverá ser criado em "Add new – Device/widget". Assim, deverá ser escolhida a plataforma utilizada, neste caso um Arduino com Ethernet Shield W5100. A plataforma disponibilizará um username, password e clientID que deverá ser inserido no programa do Arduino, juntamente com as bibliotecas específicas, como forma de autenticar o usuário (apenas quem tem as credenciais corretas conseguem enviar e receber os dados) e definir para qual projeto os dados serão enviados. A Cayenne fornece um código teste, que retorna o tempo no qual o Arduino está ligado, para avaliar se houve sucesso na conexão com a Internet.



A versão MEGA 2560 do Arduino possui uma memória flash de 256 KB, ao contrário da UNO que possui 32 KB. As bibliotecas necessárias para conectar o Arduino à internet por meio da plataforma Cayenne ocupam praticamente toda memória do Arduino UNO, impossibilitando seu uso. Vale ressaltar que a versão MEGA 2560 é mais cara que a versão UNO e só foi utilizada devido à restrição de espaço na memória *flash*.

O Cayenne estabelece um canal com o Arduino por meio de portas virtuais. Cada porta virtual é associada com um Widget específico no painel virtual (*dashboard*), e recebe os valores das variáveis por meio da função Cayenne.virtualWrite. Desta forma, todos os dados das grandezas físicas medidas (tensão e corrente) e calculadas (potência e energia) que estavam presentes no aplicativo puderam ser repassadas para o navegador de web. Dessa forma, foi possível visualizar remotamente todos os valores que estavam sendo medidos no circuito, bastando ter o acesso à internet. Os dados são atualizados a cada 15 s, devido à limitação do plano gratuito da plataforma. Sendo a partir desse sistema feito o monitoramento de energia, graças a ele é possível tirar conclusões e se necessário realizar alterações quanto ao consumo de energia.

A plataforma permite colocar Triggers, que em uma tradução direta é gatilhos, que quando condições pré-determinadas são satisfeitas uma ação (envio de e-mail ou SMS) é realizada. Estas funções podem ser facilmente configuradas para avisar quando for detectado consumo de energia elétrica fora do horário de funcionamento da instituição, por exemplo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho apresentou como é possível integrar um medidor de energia elétrica desenvolvido com Arduino à internet, sendo necessários apenas um acessório com entrada ethernet, algumas bibliotecas e uma conta ativa no Cayenne. A metodologia apresentada até então pode ser utilizada para conectar outros projetos à internet.

O consumo elevado da energia elétrica não ocorre sem consequências ao meio ambiente e estratégias para a redução deste consumo podem reduzir o impacto ambiental indiretamente graves problemas ao meio ambiente e é almejado que esses obstáculos sejam solucionados. Sob essa ótica, esse trabalho apresentou as etapas necessárias para o desenvolvimento de um medidor de energia elétrica com monitoramento pela internet, com objetivo de identificar gastos desnecessários de energia elétrica e assim obter uma maior eficiência energética.

A plataforma Cayenne apresentou os dados lidos pelos sensores de forma gráfica, em um painel virtual, facilitando sua compreensão. A possibilidade de criar alertas nesta



plataforma foi outro ponto de destaque, pois permite automatizar certos processos. Após testada e validada com um instrumento de referência, a proposta indica que é viável obter um monitoramento simples e seguro da energia elétrica de qualquer lugar do mundo.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas; Protótipos Educacionais; Arduino.

## REFERÊNCIAS

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2022: Ano Base 2021, 2022.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 12 jun. 2022.

KLAUS, C. B. **Redução de custo através do uso eficiente da energia elétrica: estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício do Vale do Paranhana/RS.** V. 6, N. 1, 2017.

NASTASE, Lavinia. **Security in the Internet of Things: A Survey on Application Layer Protocols.** 21st International Conference on Control Systems and Computer Science, 2017. Bucareste, Romênia.

SANTOS, B. P., Silva, L., Celes, C., Borges, J. B., Neto, B. S. P., Vieira, M. A. M., Vieira, L. F. M., Goussevskaia, O. N., e Loureiro. **Internet das coisas: da teoria à prática,** 2016. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos.

RIVERA, Ricardo et al. **Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 43-83, dez. 2013.