

Desenvolvimento de um medidor de energia elétrica de baixo custo baseado nos conceitos de IoT para eficientização do uso de energia no campus.

JULIO C. C. DOS SANTOS¹, MATEUS F. ROBERTO², ALEXANDRE A. CARNIATO³,
LEONARDO A. CARNIATO⁴

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica, Bolsista de Iniciação Tecnológica do CNPq, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, julio.c@aluno.ifsp.edu.br.

² Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, mateus.roberto@aluno.ifsp.edu.br.

³ Docente, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, carniato@ifsp.edu.br.

⁴ Docente, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, leonardo@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.02.04-2 Instrumentação Eletrônica

RESUMO: Este trabalho propõe o desenvolvimento de um medidor de energia elétrica de baixo custo e baixa complexidade por meio dos microcontroladores Arduino e ESP8266 para conexão à rede sem fio. Baseado nos conceitos de *Internet of Things* (IoT), este estudo propõe o desenvolvimento de um dispositivo capaz de realizar medições de corrente e tensão elétrica por meio de sensores não invasivos e realizar os cálculos aproximados de potência e energia em um determinado ambiente do campus. Tais informações poderão ser visualizadas por meio de um navegador de internet, visando ampliar o acesso das informações e, posteriormente os dados poderão ser armazenados em um banco de dados na nuvem, para análise e estudo do consumo de energia. Deste modo, este estudo busca obter um sistema para gestão inteligente do consumo e qualidade de energia elétrica por meio de ferramentas de fácil acesso.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas embarcados; microcontroladores; internet das coisas; gestão de energia elétrica.

Development of a low-cost electricity meter based on IoT concepts for efficient energy use on campus.

ABSTRACT: This project proposes the development of a low-cost, low-complexity electrical energy meter using Arduino and ESP8266 microcontrollers for wireless connection. Based on Internet of Things (IoT) concept, the proposed device is capable to measure current and electrical voltage through non-invasive sensors and performs calculations of power consumed by a particular campus environment. The information can be viewed through an internet browser to expand access to data and later it can be saved in a cloud database for energy analysis and study. In this way, this study seeks to obtain a system of intelligent management of the consumption and quality of electrical energy considering easy access tools.

KEYWORDS: embedded systems; microcontrollers; internet of things.

INTRODUÇÃO

Atualmente, discute-se com veemência assuntos relacionados à sustentabilidade. Neste contexto, o uso racional de energia elétrica torna-se um fator amplamente discutido nos meios acadêmicos e empresariais. Tais discussões baseiam-se no aumento gradativo do consumo de energia elétrica, que no Brasil, ano de 2018, após dois anos de quedas, o consumo exibiu um avanço 0,8% (EPE, 2018).

Segundo Epe (2019), a matriz energética elétrica brasileira é composta atualmente em sua maioria (60,92%) pela geração hídrica. Porém, em contraponto, a energia proveniente da queima de combustíveis fósseis ainda representa 14,88%. Sendo assim, em horários de pico para suprir a demanda

exigida, algumas termoeletricas estão entrando em funcionamento fazendo com o que custo final do KWh aumente.

Este crescimento gera demanda da construção ou ampliação de novas fontes de energia elétrica, aumentando o impacto ambiental. A eficiência energética é a maneira mais efetiva de reduzir custos e os impactos ambientais (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Segundo Cetic.br (2018), mais de metade da população brasileira possui internet em suas residências, o que torna o mercado brasileiro propício para a aplicação de tecnologias que envolvem dispositivos conectados via internet.

No que tange ao monitoramento de redes e energia, é importante considerar o uso de dispositivos capazes de disponibilizar dados do consumo de energia em tempo real não apenas como uma ferramenta para conforto pessoal, mas como um auxílio na gestão de energia elétrica (Peterson et al., 2007).

A internet das coisas é um conceito cada vez mais presente no mercado brasileiro. Segundo Mukhopadhyay (2014), IoT pode ser entendida como uma rede de comunicação entre dispositivos conectados entre si, possibilitando uma grande quantidade de aplicações.

Com base neste contexto, este trabalho possui como objetivo propor um medidor baseado em IoT para análise do consumo de energia elétrica utilizando sistemas embarcados de código aberto, capaz de fornecer informações sobre o consumo de energia elétrica em tempo real via internet, visando baixo custo e baixa complexidade de implementação.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema proposto foi desenvolvido utilizando o microcontrolador Arduino Mega para a leitura e processamento de dados dos sensores de tensão e corrente. Arduino é uma ferramenta de *hardware* e *software* de código aberto amplamente usada no desenvolvimento de produtos IoT (Arduino, 2020).

Para a medição de corrente elétrica optou-se pelo sensor SCT-013, que permite leituras de até 100 ampères em corrente alternada. Ressalta-se que devido a faixa de operação do sensor este permite a medição desde um equipamento individual bem como de um ambiente completo (por exemplo, uma sala de aula).

A partir da leitura da folha de dados foi possível projetar um circuito para o condicionamento do sinal de saída do sensor em níveis aceitáveis às características do conversor A/D do microcontrolador. A Figura 1 ilustra o circuito utilizado para montagem do protótipo.

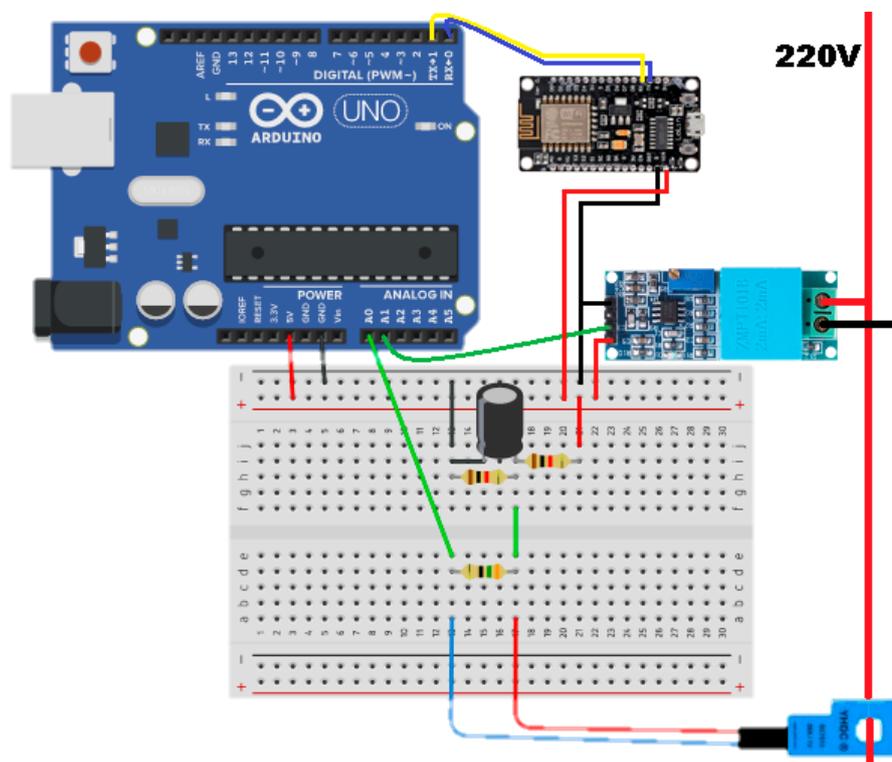


FIGURA 1. Circuito para o condicionamento do sinal do sensor de corrente.

Para a medição de tensão elétrica, será utilizado o sensor ZMPT101B. Este dispositivo permite medições de 0 a 250V em corrente alternada. Além disto o dispositivo possui um potenciômetro para ajuste da amplitude do sinal de saída. Ao contrário do sensor de corrente, que a escala é fornecida pelo fabricante, nesse sensor a escala deve ser calibrada pelo usuário. As vantagens deste sensor são a alta precisão, pequeno erro de fase e baixa tensão de saída, sendo esta última já adequada para níveis aceitáveis pelo microcontrolador.

Todo desenvolvimento do código fonte foi feito na IDE Arduino. A IDE Arduino é um *software* de código aberto utilizado para o desenvolvimento de projetos baseados em Arduino e similares, tais como a família ESP. Este ambiente possui um editor de texto para escrita do código, uma caixa de status do programa e possui um serial monitor, que permite o monitoramento da comunicação serial possibilitando ao desenvolvedor identificar os dados dos sensores que estão sendo enviados para o microcontrolador. Esta plataforma foi escolhida por se destacar devido a simplicidade e a grande variedade de material existente para consulta, como a biblioteca *Electricity monitoring library* (Emonlib) desenvolvida para facilitar a obtenção dos dados desejados.

A biblioteca Emonlib, é uma biblioteca desenvolvida para os microcontroladores baseados na plataforma Arduino que possui comandos simples capazes de calcular e monitorar grandezas elétricas como tensão, corrente e potência, facilitando o desenvolvimento da programação. Esta biblioteca é fornecida gratuitamente pela comunidade *OpenEnergyMonitor* (OPEN ENERGY MONITOR, 2018).

Para a conexão do microcontrolador Arduino Mega com a rede, optou-se pelo microcontrolador NodeMCU, um microcontrolador baseado no chip ESP8266, que possui conexão *wireless* padrão 802.11 b/g/n.

A transmissão de dados do Arduino para o NodeMCU foi feita por meio da biblioteca ArduinoJson desenvolvida e fornecida gratuitamente por Benoît Blanchon, criada para simplificar a comunicação serial entre microcontroladores de diversas plataformas (BLANCHON, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes foram realizados em uma rede bifásica de 220V utilizando um soprador térmico de 2000 Watts de potência como carga e para confrontar os valores de tensão e corrente foi utilizado um alicate amperímetro Minipa ET-3100.

O primeiro protótipo desenvolvido está ilustrado na Figura 2. Pode-se observar o sensor de corrente (não invasivo) juntamente com o circuito de condicionamento montado sobre a matriz de contatos, o sensor de tensão, a placa de prototipagem Arduino, o NodeMCU, uma fonte para alimentação bem como o multímetro (alicate amperímetro) utilizado para confrontar as leituras feitas.

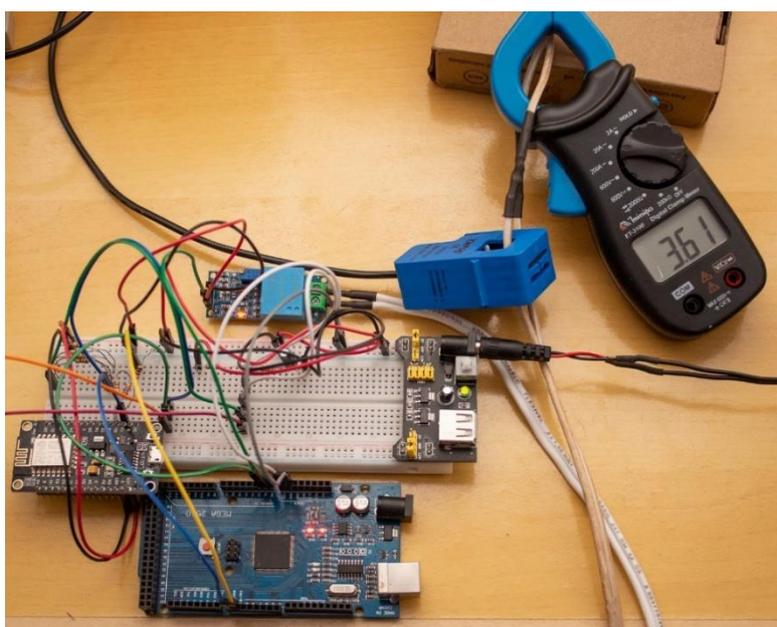


FIGURA 2. Protótipo do medidor de tensão e corrente elétrica.

A biblioteca *Emonlib*, conforme citado anteriormente, calcula os valores da potência ativa, potência aparente e do fator de potência, esses dados foram enviados para o *webserver* criado pelo NodeMCU por meio da biblioteca *ESP8266WebServer*, podendo ser acessado de qualquer navegador de internet desde que esteja conectado à rede local. Os primeiros resultados foram obtidos conforme ilustra a Figura 3.

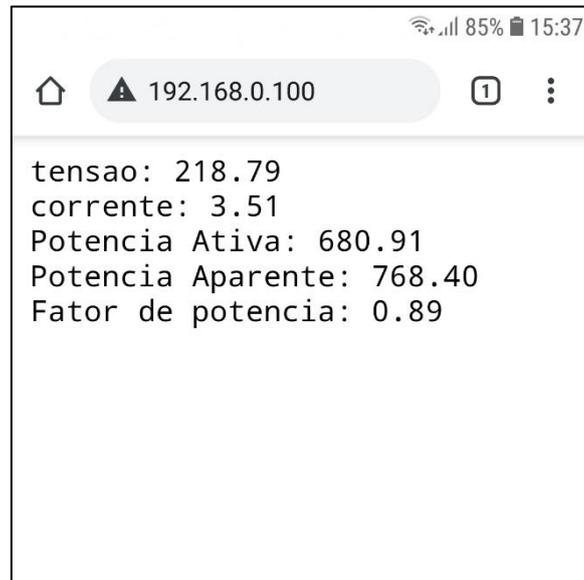


FIGURA 3. Resultados obtidos

Após os testes realizados verificou-se uma discrepância entre o consumo do equipamento testado e o divulgado pelo fabricante, tal diferença pode ser explicada pela falta de precisão dos aparelhos de medição ou pela qualidade do equipamento utilizado como carga. Devido a esta discrepância e tendo em vista que o multímetro utilizado para os testes não foi aferido e não possui a função *True RMS*, como próximo passo considera-se a utilização de equipamentos de maior precisão pra confrontar os resultados obtidos.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentou o desenvolvimento de um medidor de energia de baixo custo capaz de medir tensão e corrente elétrica, bem como valores de potência instantânea de um dispositivo ou ambiente, além de possibilitar o envio desses dados para um servidor *web* local.

Em relação a precisão dos dados analisados cabe ressaltar que os sensores apresentaram resultados satisfatórios, com uma faixa de erro abaixo de 5% em equipamentos de alto consumo de energia, porém o sensor de corrente não apresenta boa precisão em leituras de correntes abaixo de 1 ampère. Apesar do nível de precisão não ser adequado para fins de tarifação, pode-se concluir que este modelo projetado pode auxiliar na gestão de energia elétrica, pois equipamentos de alto consumo são os grandes vilões do gasto energético total de um ambiente.

Para trabalhos futuros pretende-se desenvolver um banco de dados por meio das ferramentas de IoT a fim de disponibilizar uma gama maior de informações, tais como consumo diário/mensal em kWh, gráficos e tabelas para o estudo do consumo de energia. Outra possibilidade é o desenvolvimento de uma interface homem-máquina (IHM). Deste modo, é necessário abordar tópicos referentes aos protocolos de comunicação adequados e da interface *web*, pois cabe ressaltar que este projeto é desenvolvido paralelamente a outros projetos do grupo de pesquisa de gestão eficiente do consumo de energia elétrica do campus.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSP – Campus Presidente Epitácio e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio e suporte fornecidos para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. 2020. **Arduino.cc**. 2020. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 15 set 2020.

BLANCHON, **Benôit**. **Arduinojson.org**. 2020. Disponível em: <https://arduinojson.org/>. Acesso em: 21 set. 2020.

CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros**. 2019. Disponível em: <https://www.cetic.br/pt/tics/domicilios/2019/domicilios/A4/>. Acesso em: 14 set. 2020.

EPE (Org). **Caderno de Demanda de Eletricidade. Empresa de Pesquisa Energética**, Brasília, p. 14, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-295/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade.pdf>>. Acesso em: 14 set 2020.

EPE (Org). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019. Empresa de Pesquisa Energética**, Brasília, p. 254, 2019. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB_alterado.pdf >. Acesso em: 14 set 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7–20, abr. 2007.

MUKHOPADHYAY, Subhas Chandra; SURYADEVARA, Nagender K. **Internet of things: Challenges and opportunities**. In: Internet of Things. Springer, Cham, 2014. p. 1-17.

PETERSEN, J. E.; SHUNTUROV, V.; JANDA, K.; PLATT, G.; WEINBERGER, K. **Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives**. International Journal of Sustainability in Higher Education, 2007. Emerald Group Publishing Limited, v. 8, n. 1, p. 16–33, 2007.

OPENENERGYMONITOR (2016). **Solar pv monitoring**. Disponível em: <<https://guide.openenergymonitor.org/setup/>>. Acesso em: 15 set 2020.