

MONITORAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO EM EQUIPAMENTOS RESIDENCIAIS COM A PLATAFORMA ARDUINO

Matheus Luiz Possato¹, Paulo João Martins²

Resumo: O consumo de energia elétrica é um assunto que constantemente está em discussão de especialistas, devido ao impacto que pode gerar ao meio ambiente. A partir disso, foi desenvolvido o presente trabalho que consiste no desenvolvimento de uma interface de monitoramento do consumo elétrico. A proposta desse dispositivo complementa novos meios de economia de energia elétrica oferecidas ao consumidor final. A construção do sistema é baseada na tecnologia Arduino, onde o sensor de corrente SCT-013 100A verifica o consumo em tempo real, de um equipamento eletrônico de forma individual, processando e enviando os dados para um equipamento com acesso à Internet, por meio da utilização da plataforma Blynk, tendo como base a integração com a IoT. Por meio disso, o consumidor conseguirá acompanhar o real consumo deste equipamento na tela de seu celular, e possibilitando uma análise detalhada que contribui na compreensão da fatura de energia ao final do mês. O objetivo principal é que o monitoramento em tempo real, seja de forma simples e intuitiva, sendo possível, apresentar alternativas para um consumo mais consciente e responsável, e que contribua de forma natural na conscientização pela economia de energia no cotidiano de cada pessoa, agregando valor ao dispositivo e se tornando um aliado para soluções de eficiência energética.

Palavras-chave: Arduino. Energia elétrica. Monitoramento de energia elétrica. Consumo consciente. Internet das coisas.

ABSTRACT: Electricity consumption is a subject that is constantly under discussion by specialists, due to the impact it can have on the environment. From this, the present work was developed, which consists in the development of an electrical consumption monitoring interface. The proposal of this device complements new means of energy saving offered to the final consumer. The construction of the system is based on

¹ Acadêmico do curso de Ciência da Computação da Unesc. matheuspossato@unesc.net.

² Professor do curso de Ciência da Computação da Unesc. pjim@unesc.net.

Arduino technology, where the SCT-013 100A current sensor checks the real-time consumption of an individual electronic equipment, processing and sending the data to equipment with Internet access, through the use of the Blynk platform, based on the integration with the IoT. Through this, consumers will be able to monitor the actual consumption of this equipment on their cell phone screen, and enabling a detailed analysis that contributes to understanding the energy bill at the end of the month. The main objective is that real-time monitoring, in a simple and intuitive way, being possible, to present alternatives for a more conscious and responsible consumption, and that it naturally contributes to the awareness of energy savings in the daily life of each person, adding value to the device and becoming an ally for energy efficient solutions.

Keywords: Arduino. Electricity. Electricity monitoring. Conscious consumption. internet of things.

1 INTRODUÇÃO

A energia é utilizada pela sociedade humana desde a história antiga, sendo um dos seus principais uso o aquecimento de água. Com o passar dos anos, novas aplicações foram surgindo, com isso, houve a necessidade de novas tecnologias para a conversão de energia, por exemplo, o gerador elétrico. Este equipamento permite converter energia mecânica em eletricidade, essa última energia, por sua vez, se caracteriza por um movimento de elétrons por meio de uma diferença de potencial, em outras palavras, o gerador elétrico fornece uma potência que será consumida por um equipamento. Quando se multiplica a potência pelo tempo em que o aparelho ficou ligado obtém-se o seu consumo energético (FARIAS; SELLITTO, 2011).

Embora muitos equipamentos estejam se tornando mais energeticamente eficientes, o consumo energético no Brasil, vem variando nos últimos anos em 2018 e consumo chegou a 474.820 GWh, em 2019 o consumo foi de 482.226 GWh e em 2020 chegou a 475.648 GWh (BRASIL, 2021).

Seja em uma indústria ou uma residência, a economia de energia é sempre desejada, pois além de economizar dinheiro, contribui para o bem da natureza. Existem diversas maneiras, planos e incentivos até mesmo do governo e das próprias concessionárias para que isso ocorra, pois o desperdício é prejudicial para todos.

Refletir sobre o perfil do consumidor e monitorar esse consumo mais de “perto” pode ajudar a minimizar a fatura de energia, e isso é um fato que vem se popularizando com o advento da automação residencial em virtude da Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), que consiste em conectar objetos do cotidiano, a Internet.

O alto consumo de energia elétrica é um problema que atinge diversas pessoas, seja ela física ou jurídica, e ainda, muitas vezes, não se sabe qual aparelho é o grande causador de consumo elevado.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é monitorar o consumo de energia elétrica de equipamentos individuais, fazendo leituras com o uso do sensor SCT-013 juntamente com a plataforma Arduino UNO, e que apresente ao usuário de forma simples e intuitiva, por meio do aplicativo Blynk, utilizando o conceito de Internet das Coisas, contribuindo com o consumo consciente.

2 MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EQUIPAMENTOS RESIDENCIAIS

Devido ao aumento significativo do uso da energia nos últimos anos, os usuários necessitam observar o consumo de sua residência. Este protótipo permite que seja feita uma verificação diária, com isso é possível ser revertido em um consumo consciente (PIOVESAN, 2017).

Somente com a conta de energia, não é possível saber qual equipamento está consumindo uma maior quantidade do recurso, e qual a sua influência no valor total da fatura. Por meio, de uma medição individual de cada aparelho, é possível chegar a um resultado mais satisfatório, podendo comparar esses resultados com outros aparelhos da mesma categoria, e possibilitando até mesmo a substituição de algum equipamento, que possa estar influenciando diretamente o valor.

É fundamental reduzir o consumo de energia elétrica e estimular o uso consciente, sabe-se que para sua produção utilizasse recursos naturais, isso pode-se levar a impactos naturais e sociais (ROSA, 2017). Com esses fatores, tornasse benéfico medidas tecnológicas para auxiliar no controle desse recurso, uma forma é a utilização do IoT, que permite a conexão de aparelhos, e por esse motivo o usuário tem acesso aos dados de forma mais rápida e acessível.

Segundo Santos (2016), a Internet das Coisas, transformara o modo como se vive seja da forma como se aprende e se trabalha, ela será uma grande aliada na automatização das tarefas quotidianas. Com essa evolução, poderá contribuir com benefício público e com empresas para que tenham mais sucesso com seu produto e serviços prestados.

Com o aumento de emissão de gás carbônico no ambiente, devido ao alto consumo de energia elétrica, muitas vezes sendo mal utilizada, é fundamental ter alternativas para que possa reduzir esse avanço. Com o uso exponencial do IoT, pelas empresas e no uso doméstico, ter um equipamento onde passa monitorar o real consumo, e ter acesso a esses dados em qualquer lugar do mundo, pode ser benéfico ao meio onde se vive.

O Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO) é o principal agente responsável por garantir a eficiência energética de um aparelho ao consumidor final. Eles coordenam o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que realiza testes em laboratórios para certificar sobre a real eficiência de um aparelho, depois de ensaiado, o aparelho recebe uma etiqueta atestando o real consumo dele, bem como uma classificação que vai de A até G, onde A é o mais eficiente e G é o menos eficiente. Além disso, há o Programa Nacional de Eficiência Energética (PROCEL), que criou o selo PROCEL, que é um selo fornecido aos equipamentos que possuem os melhores resultados nos testes de eficiência (INMETRO, 2020).

Ambos os programas são importantes porque estimulam os fabricantes a projetarem equipamentos mais eficientes aumentando a concorrência, além disso, aumentar a eficiência de aparelhos beneficia o meio ambiente, e ainda, o governo divulgou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) em 2006 que visa reduzir em 10% o consumo energético dos aparelhos até 2030 (INMETRO, 2020).

As tarifas da conta de energia são reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e são baseadas em valores que visam assegurar receita para cobrir os custos operacionais e garantir investimentos futuros ao setor. A conta final de energia pode ser dividida em três grupos: parcela A, parcela B e tributos. A parcela A envolve a compra e transmissão de energia sendo responsável por 53,5% do valor da fatura. Já a parcela B envolve a distribuição de energia sendo responsável por 17% do custo da fatura. E os tributos envolvem ICMS e PIS/COFINS sendo responsável por 29,5% (ANEEL, 2017).

A tarifa média do Brasil é de R\$ 0,60 kWh, enquanto no estado de Santa Catarina (SC) a média é de R\$ 0,53 kWh (ANEEL, 2021). Além desse valor base, poderá ocorrer um acréscimo devido as bandeiras tarifárias, sistema que a ANEEL criou em 2015 para compensar um custo extra que ocorre no sistema, por exemplo, quando há uma seca que pode reduzir a geração das hidrelétricas e há a necessidade do aumento da geração das termelétricas, nesse período, pode ocorrer o acionamento de uma bandeira tarifária. São quatro bandeiras existentes: verde; amarela; vermelha I e vermelha II (ANEEL, 2017).

A bandeira verde significa que as condições estão adequadas para a geração de energia, assim, não há acréscimo na tarifa, a bandeira amarela significa que a geração não está com uma boa condição, assim, há um acréscimo de R\$ 1,87 a cada 100 kWh na fatura, a bandeira vermelha I significa que a geração está mais prejudicada que na bandeira amarela, logo, haverá um acréscimo de R\$ 3,97 a cada 100 kWh na fatura, e por fim, a bandeira vermelha II significa que a geração está ainda mais prejudicada que na bandeira vermelha I, por consequência, haverá um acréscimo de R\$ 9,49 kWh na fatura (ANEEL, 2021).

Ao contrário das bandeiras que aumentam o valor da fatura, existem as tarifas sociais que fornecem desconto que variam conforme o consumo, mas podendo chegar até 65% e em 100% para indígenas e quilombolas. Para ter direito a tarifa social é necessário se enquadrar em uma das três categorias: família do cadastro único com renda familiar per capita inferior a meio salário-mínimo; idosos com 65 anos ou mais que recebam o Benefício de Prestação Continuada (BPC); família do cadastro único com renda mensal de até três salários-mínimos que possui deficiente físico que necessite de aparelho elétrico para tratamento (ANEEL, 2017).

Outra tarifa que também pode gerar economia na fatura é a tarifa branca, ela propõe que o valor da tarifa varia conforme o horário do dia e não fixo como a convencional, sendo que das 17h30 até 22h30 o valor da tarifa é em média de 80% acima do convencional, e os outros horários são em média de 15% abaixo do convencional. Assim, ela é recomendada para perfis de consumidores que consomem pouca energia no horário de pico. Para possuir esse benefício é necessário pertencer ao grupo B (baixa tensão, e com exceção da Iluminação Pública) e não possuir cadastro na tarifa social (ANEEL, 2017).

2.1 TRABALHOS RELACIONADOS

No trabalho de conclusão de curso do João Luis Grizinsky de Brito, sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino, onde sensores de corrente e de tensão verificam o consumo em tempo real de uma residência ou estabelecimento e envio de dados para um computador, de forma que o consumidor irá acompanhar todo o consumo de energia elétrica em tempo real. Foi utilizado os componentes, Ethernet Shield W5100, Arduino UNO e o sensor de corrente SCT-013 100A, e a representação do monitoramento utilizou-se o aplicativo Blynk (BRITO, 2016).

Amaral, Lima e Cantero (2017), produziram o artigo, sistema de monitoramento de energia elétrica por meio da tecnologia do Arduino, visto que o consumidor necessita acompanhar o consumo diário de sua residência, sendo possível se planejar com os gastos da próxima fatura. Os dados apresentados no site, são consumo em Watts e valores estimados da fatura de energia, esses dados serão apresentados no formato de gráficos. Para a realização, foi utilizado os componentes, Arduino UNO, sensor de corrente SCT-013 20A, Shield Wifi ESP8266 e um Display LCD 16x2, para fazer a exibição no protótipo.

No protótipo feito por Lucas Lins Vieira, apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica para instalações elétricas residências, tendo como objetivo otimizar o consumo de energia elétrica. Os resultados coletados são exibidos em um Display LCD, como recursos foram utilizados o Arduino Mega e o sensor de corrente não invasivo SCT-013 100A, o modelo irá medir a tensão, corrente, potência e o consumo de energia elétrica de cada equipamento (VIEIRA, 2019).

Matheus Chrispim Pelegrin, apresenta o protótipo de monitoramento de energia elétrica, tendo o objetivo de avaliar e verificar, se um determinado equipamento está consumindo de forma incorreta ou estarem obsoletos. A exibição dos dados coletados, são exibidos em uma página *browser* como tensão, corrente, potência, Kwh e tempo de monitoramento. Como recursos para o desenvolvimento do projeto foi utilizado Arduino Ethernet, sensor de tensão ZMPT101B e o sensor de corrente SCT-013 100 A, onde possibilitou acompanhar e identificar o gasto de cada equipamento (PELEGRIN, 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada conforme os passos: pesquisa e levantamento bibliográfico, aquisição do *hardware* e das ferramentas de prototipação, montagem do circuito no protótipo, calibração do sensor para que possa ser realizado o monitoramento de forma correta, levantamento dos dados para análise de consumo, criação da interface gráfica por meio do Blynk e por fim, realizado a programação de todas as funcionalidades compiladas pelo Arduino.

A plataforma escolhida para o projeto foi o Arduino UNO, pois é utilizada em projetos similares, bem como permite uma prototipação, para o projeto.

Figura 1 – Arduino UNO



Fonte: Arduino (2021).

O sensor que foi utilizado é o SCT-013 100A, este tem a principal vantagem de ser não invasivo, ou seja, descarta a necessidade de alterar o fio, para fazer a leitura da corrente elétrica, basta envolver um único fio ligado ao aparelho.

Este sensor possui sua especificação técnica de 100A no pico primário, com saída de 50mA no pico secundário, possuindo um fator K de 2000. A faixa é não linear em 3% e sua taxa de variação é entre 10% e 120%, que equivale a 10A até 120A (BRITO, 2016).

Para que o sensor consiga fazer a leitura, é necessário gerar uma variação na tensão, também conhecido como “Burden Resistor”, para isso é feito o seguinte procedimento:

Determina-se a máxima corrente que pode ser lida pelo sensor: 100A.

Convertendo essa corrente máxima RMS para corrente de pico primário:

$$I_{pico1} = I_{rms}\sqrt{2} = 141,4A$$

Com o valor relação de transformação K sendo 2000, calcula-se a corrente do pico secundário, da seguinte forma:

$$I_{pico2} = \frac{141,4}{2000} = 0,0707A$$

Para ter uma melhor precisão do Arduino, deve-se usar a metade da tensão máxima suportado pelo Arduino: 2,5V

$$R_{Burden} = \frac{2.5}{0,0707} = 35,36\Omega$$

Valor de calibração:

$$V_{calibração} = \frac{2000}{33} = 60,606$$

O Arduino possui uma tensão máxima, que não pode ser excedido, caso contrário o microcontrolador pode queimar, essa divisão de corrente serve para eliminar este risco, onde o sinal é enviado para o conversor analógico-digital do Arduino.

Figura 2 – Sensor de Corrente SCT-013

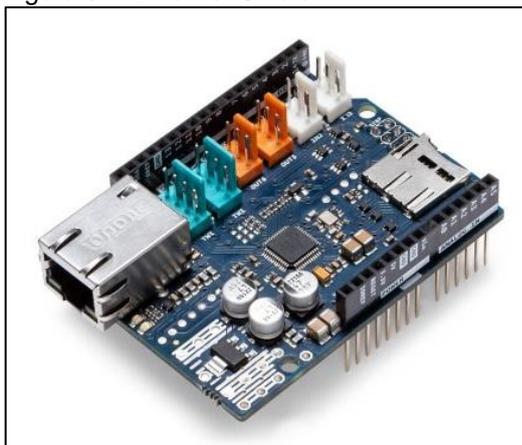


Fonte: Yhdc (2021).

O sensor escolhido trabalha com pico máximo de 100A, logo, a escolha do resistor seria um de 35,36Ω, porém em nossos testes foi utilizado um resistor de 330Ω, fazendo com que o valor de calibração seja 6,0606, pelo fato do cenário não utilizar correntes próximas a 100A, favorecendo a precisão nas leituras, os outros componentes que foram utilizados são, dois resistores de 10kΩ, um capacitor de 100uF e jumpers para conexão.

Com o uso da Ethernet Shield, é possível conectar o Arduino a Internet, ele é baseado no chip de ethernet Wiznet W5500, provendo uma ponte entre Arduino e rede. Esta *Shield* suporta o Protocolo de Controle de Transmissão (TCP) e Protocolo de Datagrama do Usuário (UDP), também é possível utilizar até quatro conexões simultâneas (BRITO, 2016). Mesmo com o uso desta *shield* o funcionamento do Arduino continua sendo o mesmo, pois não é feita alterações no *hardware* da placa de prototipação.

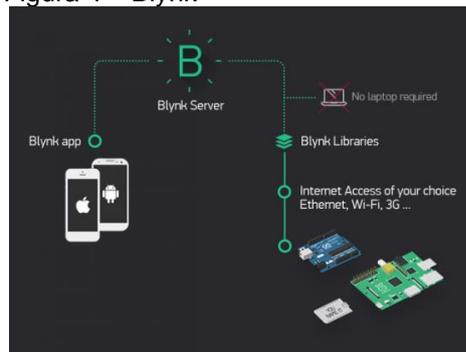
Figura 3 – Ethernet Shield



Fonte: Arduino (2021).

O surgimento de novas shields para o uso em Arduino, possibilitou a ampliação de novos projetos desenvolvidos em Arduino, a conexão com a Internet e o conceito de IoT, aumentaram essa demanda, com isso teve o surgimento de aplicativos que contribuem para esta finalidade, entre eles está o Blynk, que é um conjunto totalmente integrado de software IoT. Este serviço permite a personalização, e controle remoto de hardware programável, bem como a coleta e envio de dados, de forma simples e intuitiva, permitindo a criação de botões, telas, gráficos e outros recursos, e que pode ser utilizado em mais de 400 placas de desenvolvimento (BLYNK, 2021). O Blynk é constituído de três partes importantes: o Blynk App, o Blynk Server e a Blynk Library, conforme representação na figura 4.

Figura 4 – Blynk



Fonte: Blynk (2021).

O Blynk App, é o aplicativo disponibilizado para Android e iOS, este é responsável pela criação de telas de interação do projeto, possibilitando a inserção de *Widgets*, permitindo funções de controle, exibições e leituras de dados por meio do hardware, após a criação das telas é gerado um token, onde este é inserido no código fonte do projeto, com isso permite a conexão remota. O Blynk Server, é responsável pela comunicação do aplicativo com o hardware por meio da *cloud* Blynk, o servidor fica responsável por transmitir e armazenar os estados do aplicativo e do hardware, e armazenar os dados gerados pelos sensores, mesmo se o aplicativo não estiver em execução, esses dados podem ser acessados externamente por meio de uma API HTTP, possibilitando a armazenagem de dados periódicos. No Blynk Libraries é onde temos as bibliotecas para diversas plataformas, onde está fica responsável pela conexão do hardware com Blynk Server, e gerindo as requisições de entrada e saída dos dados e comandos (BLYNK, 2021).

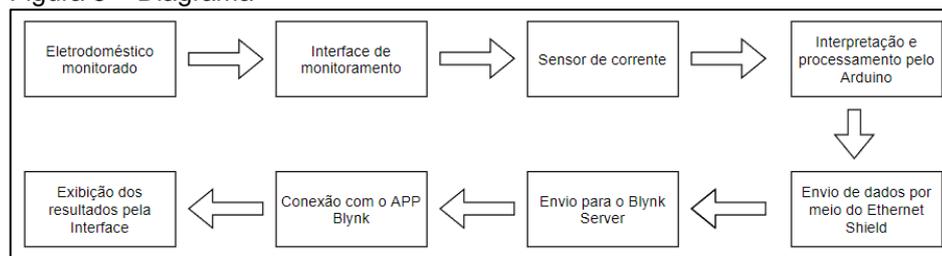
Na realização do projeto foram utilizadas as bibliotecas SPI.h, Ethernet.h, BlynkSimpleEthernet.h e a EmonLib.h:

- a) a biblioteca SPI.h tem como significado, interface de periférico serial (Serial Peripheral Interface), este é um protocolo de dados seriais utilizado para comunicação entre o microcontrolador e outras Shields. A comunicação SPI sempre haverá um "mestre" e os demais são os "escravos", pode-se definir o mestre como o gerador de sinal neste caso o Arduino e os escravos sendo os dispositivos que utilizam deste sinal, como cartão SD e sensores;
- b) a biblioteca Ethernet.h possui como finalidade conceder todos os protocolos de comunicação para o Ethernet Shield, com o objetivo de

realizar a comunicação do IP (Protocolo de Internet) em questão com o Blynk Server;

- c) outra biblioteca utilizada é a BlynkSimpleEthernet.h está tem a função de comunicar o banco de dados e o APP Blynk com o sistema, com isso, é possível definir o tempo de leitura do sensor, os pinos de leituras e quais pinos virtuais receberam esses dados na interface gráfica;
- d) já a biblioteca para realizar a leitura é a EmonLib.h desenvolvida pela Open Energy Monitor na linha de Software de código aberto (*Open Source software*) e sua principal função é extrair os dados coletados pelo sensor, como corrente RMS e transformá-los de sinais analógicos para sinais digitais interpretáveis pelo Arduino.

Figura 5 – Diagrama



Fonte: Do autor.

Na figura 5 é apresentado um esquema de como a interface de monitoramento funciona, que consiste no aparelho sendo monitorado, conectado na interface de monitoramento, onde o sensor SCT-013 faz a leitura e envia os dados para o Arduino UNO que faz a interpretação com uso da biblioteca EmonLib.h, e posteriormente enviando a coleta por meio do Ethernet Shield W5500 para a rede, onde são exibidos os dados de potência e corrente, por meio da interface desenvolvida no Blynk.

Depois de todo o levantamento bibliográfico, juntamente com os componentes devidamente escolhidos para a construção da interface de monitoramento em tempo real, podemos verificar na figura 6, a leitura de um equipamento elétrico sendo monitorado, com a utilização de um alicate amperímetro DT266, para verificar a veracidade do projeto. Podemos destacar que o fio utilizado para coletar os dados com o sensor SCT-013, é o mesmo sendo utilizado pelo alicate.

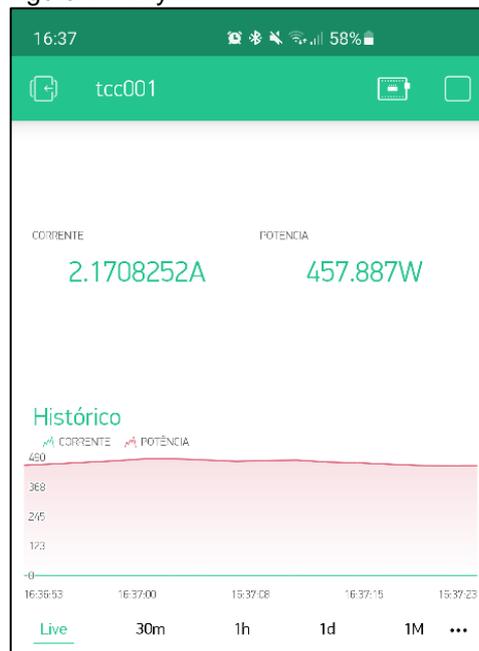
Figura 6 – Interface de monitoramento



Fonte: Do autor.

Na figura 7, temos os dados coletados pela interface sendo apresentados no celular do usuário, por meio da plataforma Blynk, onde são exibidos os dados de corrente e potência, juntamente com o histórico de consumo, possibilitando filtrar em horas, dias ou meses.

Figura 7 – Blynk



Fonte: Do autor.

No próximo capítulo, vamos abordar os resultados e discussões, onde os dados coletados foram analisados com o uso do software IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 25.0. As variáveis foram expressas por meio de

média, desvio padrão, mediana, mínimo, máximo e coeficiente de variabilidade. Os resultados foram organizados por meio de tabelas para apresentação sintetizada dos achados.

As análises inferenciais foram realizadas com um nível de significância $\alpha = 0,05$ e, portanto, confiança de 95%. A distribuição das variáveis potência e corrente foi avaliada, quanto à normalidade, por meio da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação entre as médias amostrais foi realizada por meio da aplicação do teste U de Mann-Whitney. A comparação dos valores médios da potência com o valor especificado na etiqueta do produto foi realizada por meio da aplicação do teste t de Student para uma amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a verificação do protótipo, bem como a coleta de dados, foi realizado o monitoramento dos seguintes equipamentos: ar-condicionado inverter split de 790W de potência máxima, em temperatura de 20°C e na função automática, ar-condicionado split tradicional de 815W de potência máxima, também na temperatura de 20°C e na função automática, geladeira duplex de 180W de potência máxima, e um televisor 4k de 130W de potência máxima, visto que esses são de uso cotidiano. Para ter uma análise e comparação dos resultados coletados pelo protótipo desenvolvido, e verificar se eles estão em conformidade foi utilizado um alicate amperímetro, bem como analisando a etiqueta presente em cada um dos equipamentos escolhidos. O tempo de coleta, foi de 30 minutos, em intervalos de dois e cinco segundos, gerando a quantidade total de 1800 dados e 720 dados respectivamente, visto que são coletadas informações de corrente e potência.

Na tabela 1, é apresentado os dados de potência, obtidos de todos os equipamentos monitorados quando coletados em intervalos de dois e cinco segundos, na potência exibida no ar-condicionado inverter, se chegou a uma média de 206,06W, e 198,27W, esses, dentro da especificação presente na etiqueta do equipamento. No ar-condicionado tradicional, são apresentados como média 647,85W e 442,73W, sendo valores próximos a etiqueta presente no aparelho. Na geladeira a média ficou em 32,35W e 121,85W, na primeira leitura os valores ficaram com corrente baixa, pois não houve uso da geladeira, como por exemplo, abertura e fechamento da porta, porém os valores na segunda leitura, teve um aumento expressivo, pois a geladeira

deve várias aberturas de porta, conseqüentemente, aumento o consumo para manter a temperatura interna. No consumo apresentado na televisão, ficou na média de 44,08W e 42,06W, valores bem similares, devido ao uso ser constante e sem interrupções.

Tabela 1 - Potência

	Média ± DP*	Mínimo*	Máximo*	Mediana*	CV**
Dois segundos					
Ar-condicionado I	206,06 ± 65,77	80,43	411,67	175,05	31,92
Ar-condicionado T	647,85 ± 203,15	37,67	791,25	714,85	31,36
Geladeira	32,35 ± 40,46	10,17	115,83	11,00	125,07
Televisão	44,08 ± 3,29	30,63	54,05	42,32	7,46
Cinco segundos					
Ar-condicionado I	198,27 ± 55,24	106,72	415,82	178,44	27,86
Ar-condicionado T	442,73 ± 336,66	29,99	816,61	704,99	76,04
Geladeira	121,85 ± 44,49	10,07	188,66	125,32	36,51
Televisão	42,06 ± 1,24	38,74	48,43	41,68	2,95

Ar-condicionado I: ar-condicionado inverter. Ar-condicionado T: ar-condicionado tradicional. DP: desvio-padrão. *Valores expressos em watts. **Coeficiente de variabilidade (%).

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Na tabela 2, é apresentados os dados de corrente, obtidos de todos os equipamentos monitorados quando coletados em intervalos de dois e cinco segundos, na corrente exibida no ar-condicionado inverter, se chegou a uma média de 0,94A, e 0,90A. No ar-condicionado tradicional, são apresentados como média 2,94A e 2,01A. Na geladeira a média ficou em 0,15A e 0,55A, como informado anteriormente, valores divergentes devido ao uso do equipamento durante o monitoramento. No corrente apresentada na televisão, a média ficou em 0,20A e 0,19A.

Tabela 2 - Corrente

	Média ± DP*	Mínimo*	Máximo*	Mediana*	CV**
Dois segundos					
Ar-condicionado I	0,94 ± 0,30	0,33	1,87	0,80	33,3
Ar-condicionado T	2,94 ± 0,92	0,17	3,56	3,25	31,3
Geladeira	0,15 ± 0,18	0,05	0,53	0,05	120,0
Televisão	0,20 ± 0,01	0,16	0,25	0,19	5,0
Cinco segundos					
Ar-condicionado I	0,90 ± 0,25	0,48	1,90	0,81	27,8
Ar-condicionado T	2,01 ± 1,53	0,13	3,71	3,21	76,1
Geladeira	0,55 ± 0,20	0,05	0,85	0,57	36,4
Televisão	0,19 ± 0,01	0,17	0,22	0,19	5,3

Ar-condicionado I: ar-condicionado inverter. Ar-condicionado T: ar-condicionado tradicional. DP: desvio-padrão. *Valores expressos em watts. **Coeficiente de variabilidade (%).
 Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Após a coleta dos dados de potência e corrente, foi gerada a tabela 3, que são apresentados as medias de ambas as leituras, também pode se observar o valor de KWh/mês, esse valor é possível chegar aplicando o cálculo do consumo exemplificado a seguir.

$$Consumo = \frac{P * T * 30}{1000}$$

Tabela 3 - Comparação

	Corrente (A)	Potência (W)	KWh/mês
Ar-Condicionado I			
Dois segundos	0,94 ± 0,30	206,06 ± 65,77	3,09
Cinco segundos	0,90 ± 0,25	198,27 ± 55,24	2,97
Ar-Condicionado T			
Dois segundos	2,94 ± 0,92	647,85 ± 203,15	9,71
Cinco segundos	2,01 ± 1,53	442,73 ± 336,66	6,64
Geladeira			
Dois segundos	0,15 ± 0,18	32,35 ± 40,46	0,48
Cinco segundos	0,55 ± 0,20	121,85 ± 44,49	1,82
Televisão			
Dois segundos	0,20 ± 0,01	44,08 ± 3,29	0,66
Cinco segundos	0,19 ± 0,01	42,06 ± 1,24	0,63

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Observando o consumo entre o ar-condicionado inverter e o ar-condicionado tradicional, é possível afirmar que o inverter, por possuir uma tecnologia que favoreça o consumo, permitindo que ele trabalhe com menos oscilações, tendo uma eficiência superior ao tradicional, com isso contribui diretamente no valor total da fatura, permitindo um consumo mais consciente e eficaz. Com essa análise é possível que o usuário, tenha uma conclusão sobre qual equipamento comprar, ou até mesmo possibilitando uma substituição.

Na tabela 4, são apresentadas as comparações dos dados de todos os equipamentos, obtidos pelo alicate amperímetro, interface de monitoramento e valor esperado com base na etiqueta do fabricante, aplicando a fórmula da corrente.

$$I = \frac{P}{V}$$

Tabela 4 – Comparação dos resultados

	Corrente interface	Corrente alicate	Corrente esperada
Ar-Condicionado I			
Dois segundos	0,94	0,9	3,59
Cinco segundos	0,90	0,9	3,59
Ar-Condicionado T			
Dois segundos	2,94	2,9	3,70
Cinco segundos	2,01	2,0	3,70
Geladeira			
Dois segundos	0,15	0,1	0,81
Cinco segundos	0,55	0,5	0,81
Televisão			
Dois segundos	0,20	0,2	0,59
Cinco segundos	0,19	0,1	0,59

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Ao analisar a tabela 4, os valores do alicate e da interface, são semelhantes, pois a calibração do sensor foi bem dimensionada e verificada, porém em comparação a corrente esperada, alguns valores são diferentes, pelo motivo, de que, nesse caso, o equipamento teria que estar em potência máxima, para efeito de análise, os dados foram coletados em uso moderado.

Na elaboração da presente pesquisa, se buscou trabalhos semelhantes ao abordado, que pudessem contribuir no desenvolvimento, como por exemplo, o estudo do João Luis Grizinsky de Brito (2016), que utilizou recursos semelhantes, como o sensor de corrente SCT-013 e o Blynk para exibição dos resultados, porém a forma de leitura é realizada em toda a residência, não permitindo a medição de forma individual de cada equipamento. Na pesquisa realizada por Amaral, Lima e Cantero (2017), se utilizou o sensor de corrente SCT-013, e para exibição de dados de forma resumida, utilizou-se um display LCD no próprio protótipo, e para exibição de dados, gráficos, índice de consumo e valores estipulados, se utilizou uma página web. No estudo realizado por Lucas Lins Vieira (2019), a diferença da presente pesquisa ficou por conta do Arduino Mega escolhido e na exibição dos resultados, que ficou a cargo de um display LCD presente no próprio protótipo. Já na pesquisa realizada por Matheus Chrispim Pelegrin (2020), os recursos de hardware são semelhantes, a

diferença ficou por conta da utilização do sensor de tensão, e para exibição dos resultados, foi utilizado uma página *browser*.

5 CONCLUSÃO

A criação do protótipo de monitoramento de energia elétrica utilizando Arduino, se mostrou eficiente nas leituras individuais, apresentando de forma simples ao usuário, e de fácil visualização utilizando a plataforma Blynk, com base nas informações exibidas na plataforma, é possível chegar a uma conclusão se um determinado equipamento está sendo eficiente ou apresentando muitas oscilações, podendo levar a substituição por outro mais eficiente, e se o consumo está de acordo com a etiqueta informada pelo fabricante. Onde possibilita um conhecimento maior para o usuário, conseqüentemente atraindo sua curiosidade e sua conscientização. Para comparação fez-se uma rápida pesquisa onde constatou que um equipamento similar pode custar na faixa de R\$ 150,00 em novembro de 2021, com isso, pode se ter uma ideia do porquê, isso tem sido pouco explorado nas residências.

Com o desenvolvimento desse projeto, se abre inúmeras melhorias futuras, uma delas, a produção em grande escala da interface, fazendo o preço reduzir, e sendo mais atraente ao consumidor, possibilitando a leitura de vários equipamentos ao mesmo tempo, permitindo acesso dessas informações em tempo real da residência como um todo. Outra melhoria benéfica, seria a possibilidade de informar, direto no aplicativo, os valores de impostos, bandeiras, horários de pico e custo do KW/h do seu local específico, possibilitando uma análise mais detalhada e assertiva, em relação ao valor a ser pago, no final do mês. Outra funcionalidade, seria a implementação, de envio de notificação ao usuário, de quando um equipamento chega em um consumo, preestabelecido.

Melhorias no mundo é fruto de uma educação dos mais jovens e uma reciclagem dos mais velhos de forma gradual. Uma parte dessa educação está extremamente ligada a este projeto, a de conscientização. Neste caso, do consumo de energia elétrica, que vem sendo discutido nos últimos tempos, pelo fato do crescimento populacional. Ou seja, quando mais pessoas no mundo, maior o consumo de energia, conseqüentemente, a produção da mesma deve ser maior para suprir as necessidades de todos. Porém dependendo da forma que é gerada a energia, pode afetar no planeta de forma geral. Uma alternativa é saber utilizá-la de forma consciente

e de maneira correta. Então o presente trabalho não contribuirá apenas para um estudo científico, mas também que gere informação a respeito do seu consumo, e que possibilite ações para que além de reduzir seu consumo, contribua com a conscientização e qualidade de vida de todos.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **ANEEL define que bandeira tarifária de julho custará R\$ 9,492 a cada 100 kWh.** 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-define-que-bandeira-tarifaria-de-julho-custara-r-9-492-valor-sera-analisado-em-consulta-publica/656877?inheritRedirect=false&redirect=https://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 23 out. 2021.

ANEEL. **RANKING DAS TARIFAS. 2021.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/relatorio-ranking-tarifas>. Acesso em: 23 out. 2021.

ANEEL. **Entendendo a Tarifa. 2017.** Disponível em: https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2. Acesso em: 17 out. 2020.

ARDUINO. **Arduino.** 2021. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 31 out. 2021.

BLYNK. **Blynk.** 2021. Disponível em: <https://blynk.io/>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020.** 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf. Acesso em: 27 out. 2021.

BRITO, João Luis Grizinsky de. **Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino.** 2016. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

DO AMARAL, Alessandro do; LIMA, Denis; CANTERO, Sávio. **Sistema de Monitoramento de Energia Elétrica Através da Tecnologia do Arduino.** Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2017. P. 57-59.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Org.). **Consumo Anual de Energia Elétrica por classe (nacional)**. Disponível em:

<[http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica/consumo-anual-de-energia-eletrica-por-classe-\(nacional\)](http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica/consumo-anual-de-energia-eletrica-por-classe-(nacional))>. Acesso em: 22 abril. 2020.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. 2011. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Novo Hamburgo, 2011.

PELEGRIN, Matheus Chrispim. **Monitoramento de Consumo de Energia, Utilizando Arduino e Sensor de Tensão e Corrente Elétrica**. 2020. Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2020. Disponível em:

<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/8848/1/Matheus%20Chrispim%20Pelegrin.pdf>. Acesso em: 30 out. 2021.

SANTOS, Pedro Miguel Pereira. **Internet das coisas: O desafio da privacidade**. 2016. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2016. Disponível em:

<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/17545/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Pedro%20Santos%20140313004%20MSIO.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.

VIEIRA, Lucas Lins. **SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS**. 2019. 47 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência da Computação, Centro Universitário de Brasília – Uniceub, Brasília, 2019.

WAHLBRINCK, Alan Junior. **MONITORAMENTO DA REDE ELÉTRICA POR MEIO DE APLICAÇÃO WEB E IOT**. 2018. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2018. Disponível em:

<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2244/1/2018AlanJuniorWahlbrinck.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.