



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

HÉZIO SILVA DOS SANTOS

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENERGIA: UM ESTUDO DE
CASO NA CEUB**

BRASÍLIA

2023



HÉZIO SILVA DOS SANTOS

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENERGIA: UM ESTUDO DE
CASO NA CEUB**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Dr. Wandré Nunes de Pinho Veloso

BRASÍLIA

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão pelas diversas pessoas que contribuíram para o meu projeto. Com ideias, críticas, perspectivas e apoio, que foram fundamentais para o desenvolvimento do mesmo, para torná-lo uma realização significativa.

Gostaria de estender um agradecimento especial às pessoas que desempenharam papéis vitais em diferentes etapas do projeto. Ao Professor Wandré Veloso, com sua orientação para seguirmos na direção certa. Ao Michel Soares, e à equipe de suporte TI pela disponibilidade, contribuições e ajuda durante o processo de medições aos laboratórios. Ao Geraldo Fernandes orientação e apoio com o arduino. E ao Leonardo Hylton, e à equipe de engenharia pela colaboração, contribuições e suporte durante o processo de medições dos ar condicionados. Este projeto não teria sido possível sem a colaboração de vocês.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

"Onde não há conselho os projetos saem vãos, mas, com a multidão de conselheiros, se confirmarão."

(Provérbios 15:22)

RESUMO

Este estudo de caso aborda a implementação de um sistema de monitoramento de consumo de energia, uma aplicação da Internet das Coisas (IoT), realizado nas instalações do Centro Universitário de Brasília (UNICEUB). O foco principal do projeto foi a coleta de dados e amostras provenientes de uma variedade de dispositivos, com o subsequente armazenamento dessas informações na nuvem. A centralização dos dados permitiu um acesso ágil e eficiente às medições realizadas, viabilizando uma análise criteriosa em busca de soluções e insights significativos. No desenvolvimento desse projeto, foi necessário desenvolver um sistema que fosse capaz de capturar de maneira precisa e em tempo real o consumo de energia de aparelhos aferidos. Para alcançar esse objetivo, foi empregada a tecnologia IoT, com a utilização de um dispositivo Arduino em conjunto com um sensor de corrente não invasiva. A partir da coleta de dados, o sistema transmite essas informações para um banco de dados em nuvem por meio de conexão Wi-Fi. Esse armazenamento possibilita um acesso contínuo aos dados medidos, sem a necessidade de estar fisicamente presente na localização de coleta. Ao fim, esse estudo de caso não apenas apresentou uma abordagem inovadora para o monitoramento de consumo de energia, mas também ressaltou a importância crescente da IoT em nosso cotidiano, a análise de dados para tomada de decisões, a combinação de coleta de dados eficiente, o armazenamento em nuvem e a análise detalhada. Este projeto exemplifica como as soluções baseadas em IoT podem proporcionar insights valiosos, contribuindo para a eficiência energética, a tomada de decisões informadas e a conscientização ambiental.

Palavras-chave: monitoramento de energia; internet das coisas e eficiência energética; análise de dados para insights.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 Setor elétrico e a sua importância	9
2.2 Internet das Coisas	10
2.3 Computação em nuvem aliada a Internet das Coisas	11
3. MÉTODO	12
3.1 NodeMCU ESP8266	12
3.2 Arduino IDE	13
3.3 Google Firebase	13
3.3.1 Realtime Database	13
4. DESENVOLVIMENTO	14
4.1 Problema	14
4.2 Proposta	14
4.3 Hardware do Protótipo	15
4.4 Software do Protótipo com a linguagem do arduino	16
4.5 Medição	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 Ar Condicionado	19
5.2 Computadores	21
5.3 Trabalhos futuros	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICES	28

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual de demandas crescentes por melhor eficiência energética e sustentabilidade, a adoção de sistemas inovadores para monitoramento de energia desempenham um papel fundamental. A gestão precisa e inteligente do consumo energético não só reduz os custos operacionais, mas também contribui de maneira significativa para a redução do impacto ambiental. O Ministério de Minas e Energia (MME) informou que em 2021, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) contribuiu para uma economia equivalente a 22,10 bilhões de kWh, que corresponde ao abastecimento de uma cidade de 11,16 milhões de residências durante um ano, e essa economia possibilitou, que fossem evitadas a emissão de 942 mil toneladas de CO₂. [ADV N, 2021]. O presente relatório apresenta um estudo de caso que aborda a implementação de um sistema monitorador de energia e investiga sua aplicação no contexto específico dos aparelhos de medidos dentro da CEUB.

Neste relatório, buscou-se oferecer insights valiosos para a instituição com apoio ao sistema monitorador de energia implementado na CEUB. Será discutida a infraestrutura tecnológica empregada, incluindo o sensor de medição e o sistema de coleta de dados. Além disso, serão analisados os resultados obtidos até o momento, avaliando como a implementação do sistema impactou o consumo de energia e a tomada de decisões da comunidade acadêmica.

Por meio deste estudo de caso e das informações geradas, espera-se auxiliar na gestão de estratégias sobre possíveis trocas de equipamentos, reduções de gastos desnecessários e realocação de recursos para áreas mais “necessitadas”. A abordagem adotada neste projeto destaca a importância de sistemas monitoradores de energia como ferramentas não apenas para a economia de recursos, mas também para a promoção de uma cultura de sustentabilidade e eficiência.

1.1 Objetivos

Desenvolver um Sistema de Monitoramento de Energia, usando um estudo de caso na CEUB, que tenha funcionalidade e efetivação, podendo ser implementado ao sistema em diversos dispositivos e gerar valores que façam a diferença para o UNICEUB.

- **Objetivo geral:**

Identificar os gastos dos dispositivos aferidos durante o projeto, para que o Sistema de Monitoramento de Energia, ao final do Projeto, possa apoiar a decisão do gestor a respeito da troca ou não de equipamentos por outros de melhor eficiência energética e ajudar na possível mudança de sua maneira de funcionamento, e outras tomadas de decisões com base aos resultados.

- **Objetivos específicos:**

- Descobrir maneiras de viabilização para que o sistema possa fazer monitoramento de energia e em diferentes dispositivos.
- Investigar e Analisar consumos energéticos e gerar informações relevantes que possam ser utilizadas por gestores em estratégias.
- Descobrir seu real gasto energético.
- Fornecer mais subsídios para o gestor tomar a decisão da troca ou manutenção de equipamentos elétricos, e até mesmo sobre uma possível mudança na forma de funcionamento do aparelho aferido, levando em consideração o consumo de energia do mesmo e seu valor gasto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Setor elétrico e a sua importância

O setor elétrico é um pilar crucial para a economia, com impactos significativos tanto na economia de consumo quanto na redução de gastos. À medida que as sociedades buscam um futuro mais sustentável e economicamente viável, a otimização do uso de energia no setor elétrico desempenha um papel vital na consecução desses objetivos. Através de tecnologias avançadas e mudanças de comportamento, podemos alinhar nossos hábitos de consumo e necessidades econômicas requeridas no cenário atual.

A economia de consumo energético é uma das principais preocupações no mundo contemporâneo. Recursos energéticos não renováveis estão diminuindo, e as emissões de gases de efeito estufa associadas à geração de energia têm implicações ambientais significativas. Nesse cenário, a otimização do consumo de eletricidade é crucial para minimizar o impacto ambiental e reduzir a dependência de fontes de energia não sustentáveis. De acordo com o último relatório de Balanço Energético Nacional (BEN) disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – responsável por estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético no Brasil – sinaliza que 32.3% do consumo nacional de energia se dá no setor industrial e 32.5 % no setor de transporte, sendo ambos os mais significativos quanto ao consumo de energia [BEN, Relatório Síntese, 2022].

Uma economia de consumo eficiente pode ser alcançada através de várias estratégias, incluindo o uso de tecnologias mais eficientes, como lâmpadas de LED e eletrodomésticos de baixo consumo energético, bem como a implementação de práticas de uso consciente da energia. Além disso, a adoção de sistemas de monitoramento e controle inteligentes, baseados em Internet das Coisas (IoT) e análise de dados, permite que os consumidores tenham maior visibilidade sobre seu consumo e identifiquem áreas de desperdício.

No que diz respeito à economia de gastos, o setor elétrico desempenha um papel crucial tanto para os consumidores individuais quanto para as empresas. A redução dos gastos com energia não apenas beneficia os bolsos dos consumidores, mas também aumenta a competitividade das empresas ao diminuir seus custos operacionais. Para as indústrias, a otimização do uso de energia pode resultar em processos mais eficientes, reduzindo custos de produção e, por sua vez, tornando os produtos finais mais competitivos no mercado.

2.2 Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito tecnológico que tem revolucionado a forma como interagimos com o mundo físico e digital. Ela se refere a uma rede interconectada de dispositivos, sensores, atuadores e sistemas de informação que coletam, transmitem e processam dados de maneira autônoma ou mediante interação humana. Esses dispositivos podem ser desde pequenos sensores em ambientes industriais até eletrodomésticos inteligentes em nossas casas, formando um ecossistema diversificado e altamente interconectado. De acordo com um estudo realizado pela ISG Provider Lens Internet das Coisas (IoT) mostra que mais de 27 bilhões de aparelhos já estão conectados e se conversam no mundo [Forbes, 2022].

A junção dos contextos físico e digital se tornaram grandes aliados para a vida moderna, pois nos promovem facilidades em diversas tarefas, exigindo menos esforço ou atenção em alguns aspectos de nossas vidas, um exemplo disso seria uma smart home, que possibilita um gerenciamento remoto de sua residência, como por exemplo, iluminação, tomadas, fechaduras, etc. Segundo um estudo realizado pela McKinsey, a Internet das Coisas deve movimentar mais de 11 trilhões de dólares até 2025. Ela é um dos grandes pilares da era da transformação digital [McKinsey, 2015].

Ao tornar realidade uma rede integrada de dispositivos e que os mesmos façam interações entre si, seus feitos são muito importantes para a contribuição do processo de avanço tecnológico e na inovação e melhorias na sociedade como um todo. Na figura 1 temos uma representação visual do IoT em uma residência.

Figura 1 - IoT em uma residência



Fonte: <https://mwc.meioemensagem.com.br/cobertura2017/2017/02/24/plano-nacional-d-e-internet-das-coisas-sera-apresentado-no-mwc/>

2.3 Computação em nuvem aliada a Internet das Coisas

O avanço constante da tecnologia em nossa sociedade, reflete em nossas vidas cotidianas e conseqüentemente no aumento de dispositivos inteligentes com suporte a conectividade com a internet, mas qual a importância da computação em nuvem juntamente ao IoT?

A convergência da Computação em Nuvem e da Internet das Coisas (IoT) tem desempenhado um papel crucial na atual era de transformação digital. A combinação dessas tecnologias oferece um ambiente propício para aprimorar a eficiência operacional, promover a inovação e impulsionar a conectividade entre dispositivos interconectados. Este relatório destaca a relevância da integração entre Computação em Nuvem e IoT, abordando como essa sinergia proporciona benefícios substanciais em diversas vertentes. De acordo com um estudo realizado pelo SAS Brasil nos meses de fevereiro e março de 2019, 80% das empresas avaliadas têm ou terão um projeto baseado em Cloud Computing nos próximos 12 meses.

Para um dispositivo IoT ser efetivo, ele precisa fazer conexão com uma rede e trocar informações entre si. É aí que entra a computação em nuvem, pois ela fornece a capacidade de armazenamento sob demanda e flexibilidade, permitindo que sejam feitas as trocas de informações entre os dispositivos, permitindo até mesmo sincronização dos dados em tempo real, geração de relatórios inteligentes, e ainda possibilita a uma redução de custos em diversos setores, como por exemplo: manutenções de aparelhos, gastos com consumo elétrico, montagem de estruturas responsáveis por armazenamento.

Dispositivos IoT não possuem grande proteção para dados, para casos de perda ou invasões. Portanto a nuvem também traz essa complementação para a infraestrutura tornando a segurança maior no caso de invasões e em casos de perda de dados, possibilidade de backup.

A integração estratégica entre Computação em Nuvem e IoT emerge como um pilar fundamental na revolução digital. A complementaridade dessas tecnologias permite que as organizações explorem todo o potencial dos dados gerados pelos dispositivos IoT, promovendo a eficiência, a inovação e a tomada de decisões embasadas. A contínua evolução dessa sinergia está moldando o futuro das operações comerciais e da sociedade em geral, moldando um cenário de interconexão inteligente e oportunidades ilimitadas.

3. MÉTODO

A natureza da pesquisa é fazer a aferição de específicos aparelhos, dentro do nosso objetivo da pesquisa, o Uniceub, para que com os dados, seja feito a análise diferencial entre os modelos aferidos, trazendo insights sobre os mesmos, auxiliando assim um gestor em uma tomada de decisão sobre uma possível troca de aparelhos.

Um dos objetos de pesquisa realizados foi a medição e análise diferencial entre 2 modelos de ar condicionado, modelos que estão presentes por todo o campus, porém os dois modelos aferidos eram aparelhos distintos, pois 1 dos modelos, localizado na biblioteca havia sido recém instalado, portanto era um modelo considerado novo, e o outro modelo, localizado em um laboratório de aula, é um modelo ultrapassado, ou seja, 2 objetos de pesquisas com as mesmas finalidades mas com características diferentes.

Outro objeto de pesquisa feito, foi a medição de computadores em laboratórios de aula, em duas diferentes situações de funcionamento: 1, a tela estava pré suspensa e possuía um valor específico de consumo, 2, a tela estava suspensa e também possui um valor específico de consumo. Foi feito análise entre as duas situações e qual seria o impacto dos mesmos.

Para coletar os dados analisados, foi-se necessário construir um sistema que fizesse a aferição dos dados e salvassem os mesmos. Para tal necessidade foi utilizado os seguintes materiais:

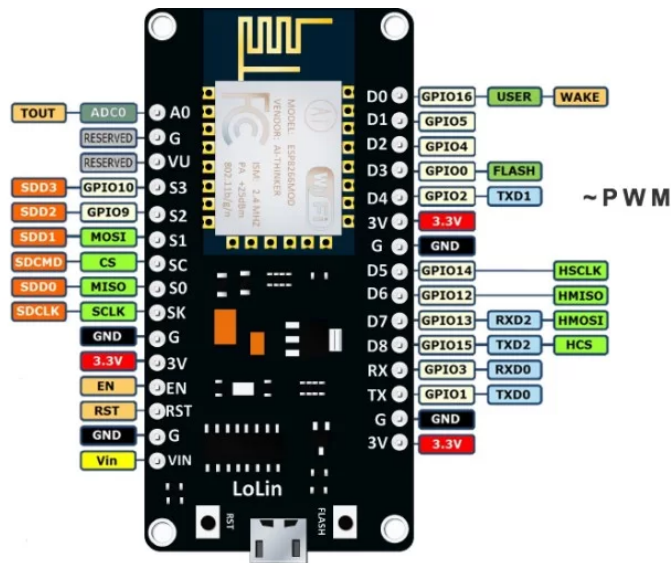
3.1 NodeMCU ESP8266

O NodeMCU ESP8266 é uma placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, um microcontrolador chinês criado pela Espressif em 2014 em conjunto com uma interface usb-serial, facilitando a programação via IDE do arduino pela comunicação via cabo Micro-USB conectada diretamente em um computador.

A causa de utilizarmos o NodeMCU ESP8266 se deu por ela ser uma das placas de desenvolvimento mais completas que existe, por sua eficiência em relação a Internet das Coisas, pois, possui conectividade com redes sem fio por conexões TCP/IP, tornando assim uma ferramenta muito poderosa e eficiente para o escopo do trabalho.

A Figura 2 demonstra a pinagem da placa:

Figura 2 - Módulo NodeMCU ESP 8266



Fonte: <https://circuit-diagramz.com/esp8266-12e-pinout-schematic-circuit-diagram/>

3.2 Arduino IDE

A arduino IDE é uma plataforma de ambiente de desenvolvimento integrado onde o desenvolvedor cria toda a aplicação de seu sistema por meio do uso de funções na linguagem de programação C/C++ como base de código fonte para compilação e upload da ação dentro do dispositivo específico, em nosso caso, o esp8266.

3.3 Google Firebase

O Firebase é uma plataforma digital da Google utilizada para facilitar o desenvolvimento de aplicativos web ou mobile de maneira ágil e simples. Por ser uma junção de diversas funcionalidades em uma só plataforma é muito útil para diversas aplicações.

3.3.1 Realtime Database

Dentre as várias funcionalidades disponíveis no Firebase, foi-se utilizado o realtime database, um banco de dados hospedado em nuvem, no qual deve se fazer a conexão com seu app ou sistema para que possa enviar e receber objetos em dados armazenados em JSON.

4. DESENVOLVIMENTO

Este Capítulo argumenta sobre o problema de pesquisa enfrentado para a aferição dos dados elétricos durante a pesquisa e sua devida solução.

4.1 Problema

Para o sucesso da pesquisa, tornou-se requisito uma base de dados sobre informações elétricas de aparelhos medidos, porém, por falta de aparelhos prontos que fizessem a medição e que disponibilizassem os dados, tornou-se necessário o desenvolvimento de um sistema que estivesse essas funcionalidades.

4.2 Proposta

Diante do problema apresentado anteriormente, o projeto apresenta como solução um dispositivo que possui como funcionalidade monitorar a corrente elétrica do aparelho no qual teve-se foco de aferimento, enviando para o realtime database suas respectivas leituras para fins de armazenamento de todos os valores energéticos recebidos pelo dispositivo por meio da aferição, para que seja dado prosseguimento à pesquisa e as devidas análises.

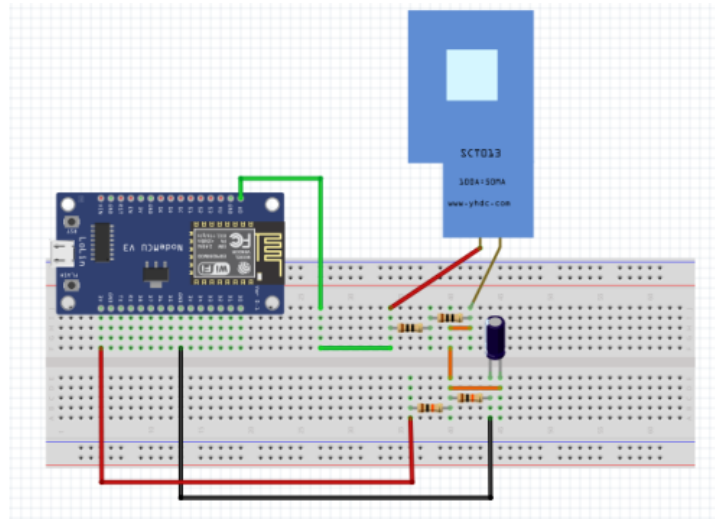
O dispositivo em questão foi um esp8266, um dispositivo de internet das coisas que possui suporte e conexão a redes sem fio e que em sua memória guarda o código fonte da aplicação para que possa funcionar sempre que estiver preenchido com os requisitos estabelecidos e recebendo sua alimentação por uma fonte de energia.

O sensor de corrente escolhido foi o SCT-013-000. Um sensor não invasivo, portanto não houve a necessidade de contato direto com a corrente elétrica a ser medida, foi necessário envolver apenas uma fase da corrente alternada. Este sensor possui capacidade de medir valores máximos de até 100A de corrente alternada e em sua saída obtém-se valores de até 50mA proporcionais ao valor de corrente percorrido no condutor principal.

Além desses equipamentos citados, a montagem do circuito teve sua inspiração sob um diagrama de referência para a montagem (Figura 3), e a partir dessa premissa, dois protótipos durante o processo da pesquisa foram montados, sua 1ª forma teve uso de uma protoboard e fios jumpers para que fossem realizadas as ligações dos componentes (Figura 4), porém esse modelo de protótipo apresentava falhas constantes de mal contato, pensando na solução desse problema, foi feita a 2ª montagem, que consistia na prototipagem do sistema

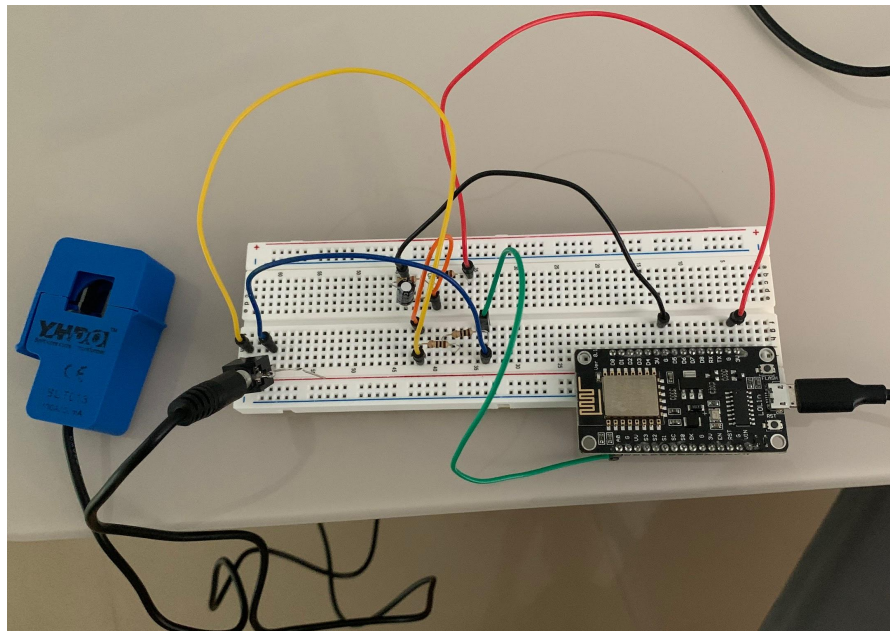
em uma placa para que o problema de mal contato fosse sanado (Figura 5).

Figura 3 - Diagrama Protótipo do dispositivo



Fonte: <https://autocorerobotica.blog.br/medindo-corrente-ac-com-nodemcu-e-sct-013-000/>

Figura 4 - 1º Protótipo do dispositivo

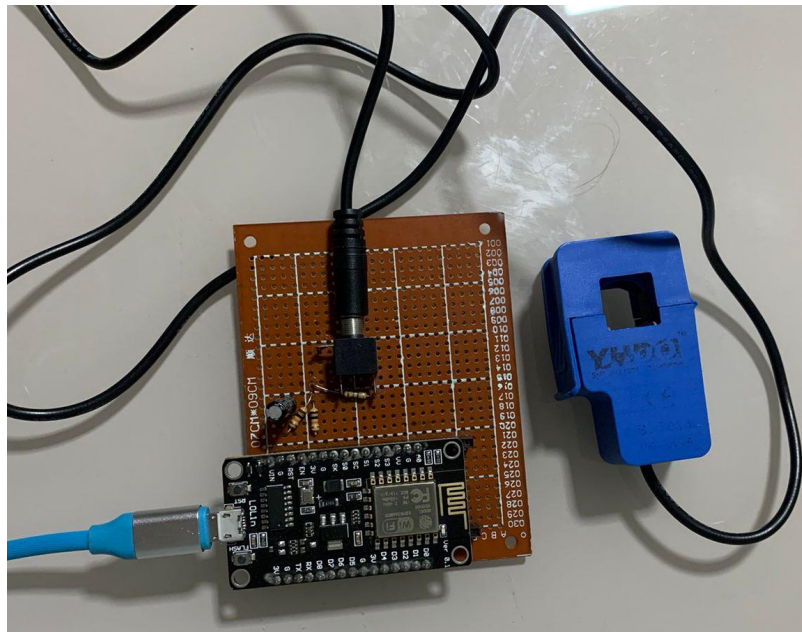


Fonte: Autoria própria

4.3 Hardware do Protótipo

Na Figura 5 é mostrado o protótipo final, uma placa prototipada com base no modelo anterior, interligando o nodeMCU esp8266 e o sensor SCT-013-000, que foi utilizado para realizar os aferimentos energéticos nos aparelhos de pesquisa.

Figura 5 - 2º Protótipo e modelo final



Fonte: Autoria própria

4.4 Software do Protótipo com a linguagem do arduino

Para a execução e implementação do protótipo, foi desenvolvidas funcionalidades por meio da linguagem C++, juntamente a IDE do arduino, para que possa ser executado pelo dispositivo, uma aplicação que interpretasse a entrada dos dados do sensor SCT-013, por meio da biblioteca EmonLib e que recebesse as informações de acesso de uma conexão WIFI.

Salvando os dados em uma taxa de atualização de 2 segundos, é feito o envio dos dados para o banco em nuvem realtime database por meio do host e da api-key para que os dados fiquem salvos para utilização.

O código utilizado para tais feitos está disponível no APÊNDICE A – Código IDE.

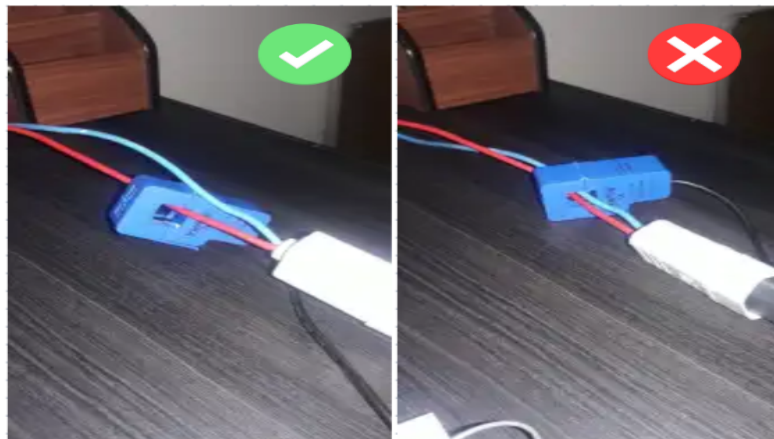
Após selecionados os materiais necessários para a construção do instrumento de coleta

de dados e a sua devida montagem e configuração, foram realizadas as aferições nos aparelhos alvos e salvo os dados em uma base de dados online, para que os respectivos dados estejam disponíveis para análise.

4.5 Medição

Após a finalização da montagem do protótipo final e de seu código fonte estando devidamente concluído e funcional, foram realizadas as respectivas medições uma por vez. O sensor de corrente não invasiva SCT 0100A utilizado no processo, fornece uma variação de tensão que pode ser interpretada como a corrente medida durante a aferição. Para seu apropriado funcionamento deve-se envolver o sensor em apenas 1 condutor, evitando assim um erro caso fossem medidos 2 condutores ao mesmo tempo, pois eles se anulam. Uma exemplificação na Figura 6.

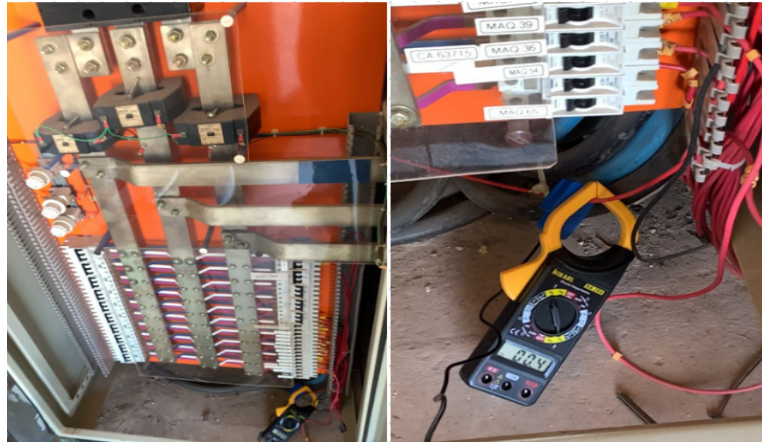
Figura 6 - Maneira correta de uso do SCT 0100A



Fonte: <https://autocorerobotica.blog.br/medindo-corrente-ac-com-nodemcu-e-sct-013-000/>

Seguindo os critérios do cenário citado, as aferições do ar condicionado tiveram que ser feitas diretamente no circuito elétrico, medindo somente o modelo do ar condicionado específico escolhido de aferição e salvando seus dados no banco de dados (Figura 7). Já nos computadores medidos, foi utilizado uma extensão como objeto mediador da aferição, pois, foi feita a medição da extensão ligada a tomada, com a baía de computadores ligadas a extensão, com isso tínhamos o valor de consumo da baía de computadores.

Figura 7 - Medição do ar condicionado



Fonte: Autoria própria

Gostaria de ressaltar que todas as medições foram realizadas sob acompanhamento de profissionais da área para evitar qualquer acidente. E que todas as medições foram realizadas juntamente a um alicate amperímetro, uma ferramenta de medição precisa e calibrada para que fosse feito uma “prova real” do valor aferido pelo nosso sistema.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentamos e discutimos os resultados obtidos a partir da análise detalhada dos dados coletados e oferece insights significativos sobre os equipamentos alvos de aferição, destacando gastos energéticos e de consumo e suas aplicações no Uniceub.

5.1 Ar Condicionado

Com base nos dados dos 2 modelos de ar condicionados medidos, fizemos uma análise e comparação entre eles, partindo da ideia de uma possibilidade de troca do modelo antigo para o novo, evidenciando quais seriam os impactos na redução de consumo energético entre os modelos, e sobre o gasto em reais e quanto de economia mensal seria gerado caso uma troca fosse realizada.

Uma outra abordagem que achamos interessante fazermos com base nas informações retiradas dos dados, foi produzir uma estimativa de quanto tempo em meses, o modelo de ar novo, se pagaria caso fosse feita a troca do modelo antigo, portanto foi calculado o valor gasto dos dois modelos e com esses dois valores obtivemos o valor de economia mensal caso fosse realizada a troca, fazendo o cálculo de diferença de custo entre os modelos. Com essa informação, pegamos o valor de um modelo atual de ar condicionado como base e realizamos a divisão de: $\text{ValorDoAparelhoNovo} / \text{EconomiaMensal}$. Com isso chegamos à estimativa em meses de quanto tempo a troca de equipamentos se pagaria.

Dentro do CEUB, existem inúmeros cenários de utilização dos ar condicionados, pensando nisso, foi feita uma abordagem de valor de consumo energético e valores em reais por quantidade de horas durante o dia do aparelho em funcionamento, para a realização do cálculo preciso do valor gasto em reais, com o apoio do setor de Engenharia da instituição, tive acesso ao valor do Kwh pago pela CEUB. A Neoenergia faz distribuição de valores de acordo com a hora do dia em que está sendo utilizada, caracterizando isso de: Consumo Ponta, tendo um valor de Kwh elevado e correspondente ao horário das 18h às 21h e Consumo Fora de Ponta, um valor menor pelo Kwh e corresponde as horas restantes do dia. O valor correspondente ao horário de ponta da instituição, é de R\$ 1,692 e fora de ponta de R\$ 0,619.

Para facilitação das análises e visualização de seus resultados citados, foi criada uma tabela de modo que represente isso de forma gráfica e descomplicada, a Figura 8 corresponde

ao horário fora de ponta, e a Figura 9 ao horário de ponta:

Figura 8 - Estimativa horário fora de ponta

Valor kWh	Valor R\$ Ar Novo	Consumo mensal Kw ArNovo	Consumo mensal Kw ArAntigo	Horas_funcionamento_Diario	EconomiaMensal(Kw)	EconomiaMensal(R\$)	QuantosMeses se pagaria
0.619	3476	17.13	27.80	1	10.67	6.60	526.5
0.619	3476	34.27	55.60	2	21.33	13.20	263.2
0.619	3476	51.40	83.40	3	32.00	19.81	175.5
0.619	3476	68.53	111.20	4	42.67	26.41	131.6
0.619	3476	85.67	139.00	5	53.33	33.01	105.3
0.619	3476	102.80	166.80	6	64.00	39.61	87.7
0.619	3476	119.94	194.60	7	74.66	46.22	75.2
0.619	3476	137.07	222.40	8	85.33	52.82	65.8
0.619	3476	154.20	250.20	9	96.00	59.42	58.5
0.619	3476	171.34	278.00	10	106.66	66.02	52.6
0.619	3476	188.47	305.80	11	117.33	72.63	47.9
0.619	3476	205.60	333.60	12	128.00	79.23	43.9
0.619	3476	222.74	361.40	13	138.66	85.83	40.5
0.619	3476	239.87	389.20	14	149.33	92.43	37.6
0.619	3476	257.01	417.00	15	160.00	99.04	35.1
0.619	3476	274.14	444.80	16	170.66	105.64	32.9
0.619	3476	291.27	472.60	17	181.33	112.24	31.0
0.619	3476	308.41	500.40	18	191.99	118.84	29.2

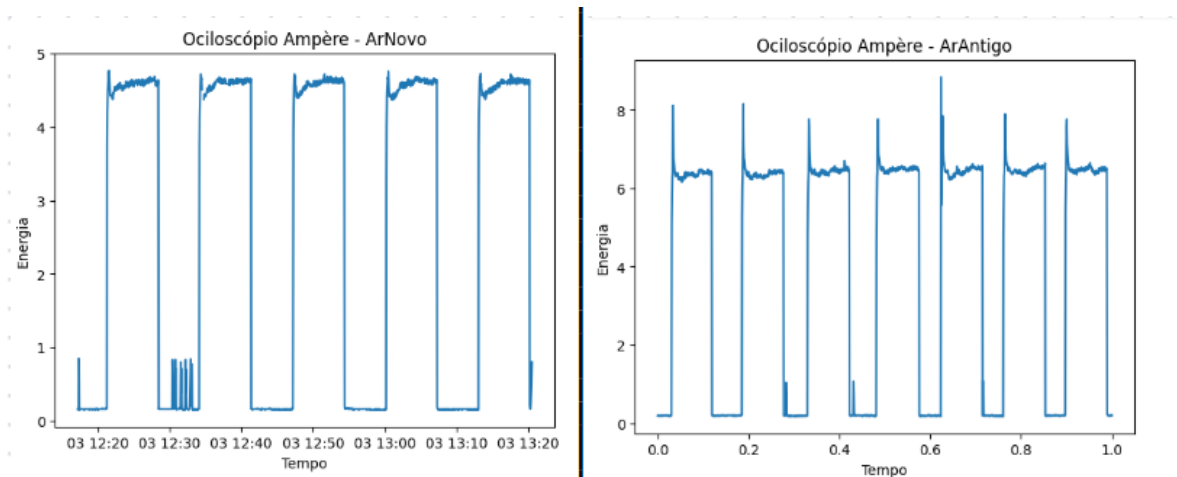
Figura 9 - Estimativa horário de ponta

Valor kWh	Valor R\$ Ar Novo	Consumo mensal Kw ArNovo	Consumo mensal Kw ArAntigo	Horas_funcionamento_Diario	EconomiaMensal(Kw)	EconomiaMensal(R\$)	QuantosMeses se pagaria
1.692	3476	17.13	27.80	1	10.67	18.05	192.6
1.692	3476	34.27	55.60	2	21.33	36.09	96.3
1.692	3476	51.40	83.40	3	32.00	54.14	64.2

Outro insight e visualização interessante sobre a medição dos dois ar condicionados, é a diferença na forma de funcionamento e de consumo dos dois modelos, algo que evidencia e

mostra o porquê das máquinas antigas estarem sendo cada vez mais inutilizadas, observe a Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Diferença entre consumo dos ar condicionados



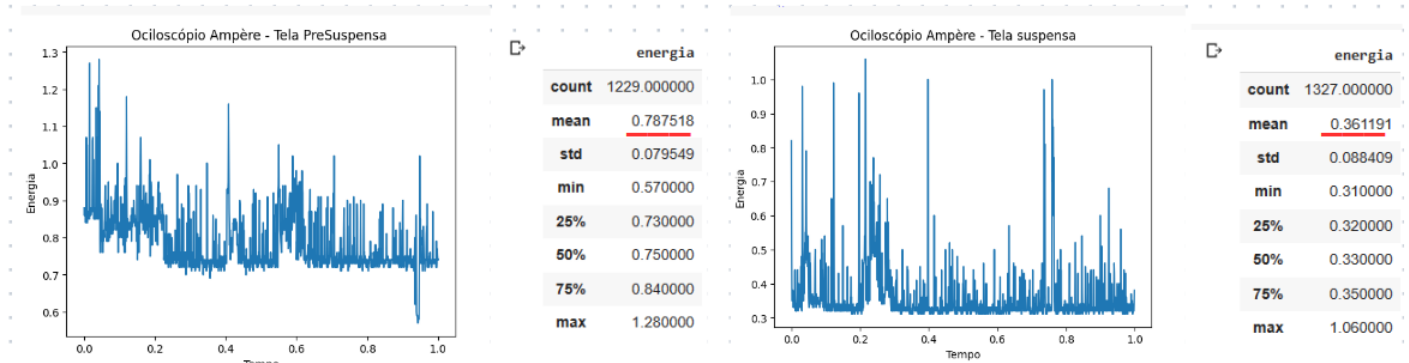
Por meio da visualização é notável que o consumo de energia entre os dois modelos são muito diferentes, mesmo que a medição tenha sido feita em cenários semelhantes, para evitar causar inconsistências e impactos nos resultados. Nota-se que o modelo antigo possui um valor de funcionamento constante aproximadamente em 6.4 Amperes e possui enormes picos de energia quando alterna entre seus modos de funcionamento e repouso, já o modelo mais novo possui um valor constante na faixa dos 4.5 Amperes e possui picos mais controlados durante seus diferentes períodos de funcionamento. Além da diferença de consumo dos aparelhos novos para com o antigo, que contribui para a economia, gostaria de citar a diferença entre o Gás Refrigerante presente nos modelos antigos e novos. O gás R-410A presente em modelos novos, possui alta eficiência energética e causa menos impacto ambiental, ao contrário do gás R22, presente em modelos ultrapassados, que possui uma eficiência energética mediana e também possui agravantes para o efeito estufa, sendo assim, mais um ponto positivo para modelos mais novos.

5.2 Computadores

Outro objeto de pesquisa foram os computadores presentes nos laboratórios de aula, foi realizada a medição de uma baía de 3 computadores durante o período de uma hora contínua, em diversas situações de uso distintas, a partir desse experimento de medição conseguimos ter insights muito interessantes sobre consumos em situações cotidianas nos laboratórios, a partir desses dados, foi feito um gráfico de linhas com intuito de simular um

osciloscópio, e com essa visualização detectamos uma diferença entre duas situações de funcionamento dos computadores, o consumo de energia da tela pré suspensa em comparação com a tela suspensa. A Figura 11 demonstra o caso citado.

Figura 11 - Diferença de consumo entre tela suspensa e pré suspensa



Nota-se que a tela em situação Pré Suspensa conforme o sublinhado vermelho na imagem, possui os valores médios de 0.787 Amperes, e quando a tela muda seu estado para suspenso ou repouso o seu valor médio durante essa 1 de medição cai para 0.361, ou seja o valor médio da tela pré suspensa representa mais que o dobro da tela suspensa, pensando nessa grande divergência de valores entre as duas situações, realizou-se uma conversa com o pessoal do suporte TI onde eles forneceram a informação de que por padrão de configuração, todas as máquinas estão configuradas para ficarem 1 hora em tela pré suspensa, antecipando a tela suspensa. A partir disso, foi pensado, qual seria o impacto da diminuição do tempo de tela pré suspensa?

Dando continuidade a essa ideia, pegamos o valor médio de amper da baia de 3 computadores durante 1 hora de aferição, em cada uma das situações. Para calcularmos o valor em reais utilizamos o kW, com isso transformamos o amperes em kW a partir da seguinte fórmula: $P \text{ (kW)} = I \text{ (A)} \times V \text{ (V)} / 1000$. Tendo valor de kW foi feita a multiplicação pelo valor de kWh da instituição ($\text{Gasto 1h} = \text{kW} \times \text{ValorKwh}$) e com isso obtivemos o valor gasto em reais dos dois cenários: tela pré suspensa = R\$ 0.0536 e tela suspensa = R\$ 0.0245.

Possuindo o valor gasto de 1 hora das duas situações de análises, realizamos um cálculo para pegarmos o valor gasto em menores períodos de tempo de uso. Como estávamos pensando no impacto de diminuição de tempo da tela pré suspensa durante o período de 1h,

foi necessário fazer uma regra de 3 para os minutos em que a tela ficaria em situação pré suspensa e para a tela suspensa a regra de 3 correspondente aos minutos restantes para completar 1h. Somando esses dois valores, obtivemos o valor gasto durante uma hora em diferentes cenários de funcionamento.

Seguindo os critérios acima, eis um exemplo de qual seria o valor gasto da tela em situação de 20 minutos pré suspensa e de 40 suspensa.

Tela Pré Suspensa		Tela Suspensa	
valor R\$: 0,0536	60min	valor R\$: 0,0245	60min
X	20min	X	40min
60X = 0,0536 x 20		60X = 0,0245 x 40	
X = 1,072 / 60		X = 0,983 / 40	
X = R\$ 0,01786		X = R\$ 0,01639	
Valor durante 1h : R\$: 0,03425			
Valor mensal : R\$ 1,027			

Levando em consideração o estado da tela em 100% Pré suspensa durante 1h, o Valor gasto em Real durante 1 hora: R\$ 0,05362, Valor gasto em Real durante 1 mês: R\$ 1,608. Com a redução do tempo de pré suspenso, teria uma economia mensal de R\$ 0,581 a cada 3 computadores, baseado na medição realizada em uma baia de 3 computadores.

Pegando uma lista de laboratórios e informações sobre a quantidade de PCs em cada uma das salas, disponibilizada pelo pessoal de suporte TI (Figura 12), iremos fazer os cálculos de economia por laboratório para descobrirmos quais seriam os impactos dessa mudança de funcionamento.

Figura 12 - Laboratórios e quantidade de máquinas neles

Laboratórios de Informática (ASA NORTE)				Lab.	Qtd	
				2030	59	>50
Bloco 01	Lab	Qtd.		1001	55	
	1001	55		5100	54	
	1004	6	Consac	9001	53	
	1005	6	Consac	8302	50	
	1016	28		12014/12015	50	

Pegando o laboratório 2030 de exemplo, levando em consideração a economia mensal dos 3 computadores medidos (R\$ 0,581), nesse laboratório específico possui 59 computadores, foi feito a divisão do valor total (59) sobre 3 (quantidade de computadores medidos) e chegamos ao valor de base de 19,6 (valor utilizado para multiplicação de valores reais de economia do laboratório). Com a multiplicação da economia mensal sob o valor representativo de máquinas ($0,581 \times 19,6$), descobrimos que a economia mensal desse laboratório seria de R\$ **11,39**. Caso o funcionamento estivesse 100% pré suspenso, o gasto mensal desse laboratório seria de R\$ 31,51 e com a mudança do exemplo proposto o gasto mensal seria de R\$ 20,12.

5.3 Trabalhos futuros

Este projeto possui diversas possibilidades de expansão e pontos que podem ser melhorados em trabalhos futuros, para que os respectivos resultados das análises sejam ainda mais completos e fundamentados, eis alguns pontos de melhoria e expansão:

- Aumento na quantidade de sistemas medidores de energia.
- Maior quantidade de aparelhos para aferição e respectivamente mais análises e resultados.
- Melhora a estrutura do banco de dados em nuvem para suportar diversos aparelhos simultaneamente.
- Utilização de análises de dados em tempo real.
- Testagem de maiores cenários de funcionamento de equipamentos médicos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração todos os pontos descritos no projeto, torna-se evidente que a implementação de um sistema monitorador de energia na CEUB desempenha um papel essencial no cenário atual, onde a demanda por eficiência energética e sustentabilidade está em constante ascensão. Este estudo de caso buscou não apenas reduzir os custos operacionais, mas também fomentar uma consciência ambiental por meio do monitoramento inovador de consumo de energia.

A infraestrutura tecnológica empregada para a implementação do sistema demonstrou a viabilidade e a importância de contar com tecnologias de monitoramento precisas e eficientes. O sensor de medição e o sistema de coleta de dados forneceram insights valiosos sobre os padrões de consumo de energia dos aparelhos dentro da instituição. Essa abordagem permitiu a identificação de oportunidades para melhorias na eficiência energética, a otimização do uso de recursos e a redução de desperdícios.

Os resultados obtidos até o momento indicam que os dois modelos de ar condicionado possuem diferenças visíveis de consumo e economia, e os computadores de acordo com as configurações de funcionamento atuais, produzem valores de consumos que podem ser evitados. A implementação do sistema monitorador de energia teve impactos significativos no consumo de energia da CEUB. A conscientização sobre a importância do consumo responsável foi fortalecida, contribuindo para um engajamento mais amplo em práticas sustentáveis. A economia de energia alcançada não só resultou na redução de custos, mas também na redução das emissões de CO₂, alinhando-se com as metas de sustentabilidade global.

Através deste estudo de caso, foi possível identificar áreas onde trocas de equipamentos podem ser consideradas, gastos desnecessários podem ser minimizados e recursos podem ser realocados para áreas de maior prioridade. O monitoramento contínuo oferece informações valiosas para a tomada de decisões estratégicas em relação ao consumo de energia e à gestão de recursos.

REFERÊNCIAS

ADVFN BRASIL. MME diz que Procel contribuiu para uma economia equivalente a 22,10 bilhões de kWh. Disponível em: <https://br.advfn.com/jornal/2023/06/mme-diz-que-procel-contribuiu-para-uma-economia-equivalente-a-22-10-bilhoes-de-kwh#:~:text=O> Ministério de Minas e Energia (MME) informou, de 11% 2C16 milhões de residências durante um ano. Acesso em: 15 ago. 2023.

AUTOCORE ROBÓTICA. Medindo corrente AC com NodeMCU e SCT-013-000. Disponível em: <https://autocorerobotica.blog.br/medindo-corrente-ac-com-nodemcu-e-sct-013-000/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CCM TECNOLOGIA. Entenda o que é IoT e qual a sua relação com Cloud Computing. Disponível em: <https://blog.ccmtecnologia.com.br/post/entenda-o-que-e-iot-e-qual-a-sua-relacao-com-cloud-computing#Como> Se preparar para aproveitar A Combinação de IoT E Cloud Computing?. Acesso em: 15 ago. 2023.

CIRCUIT-DIAGRAMZ.COM. ESP8266-12E Pinout Schematic Circuit Diagram. Disponível em: <https://circuit-diagramz.com/esp8266-12e-pinout-schematic-circuit-diagram/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CONSUMIDOR MODERNO. Empresas aceleram migração para a nuvem. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2019/05/06/empresas-migracao-nuvem/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FORBES BRASIL. IoT: até 2025, mais de 27 bilhões de dispositivos estarão conectados. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/08/iot-ate-2025-mais-de-27-bilhoes-de-dispositivos-estarao-conectados/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy Efficiency 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021>. Acesso em: 15 ago. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy Efficiency Indicators 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-2021>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MCKINSEY & COMPANY. By 2025, Internet of things applications could have \$11 trillion impact. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/mgi/overview/in-the-news/by-2025-internet-of-things-applications-could-have-11-trillion-impact>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MCKINSEY & COMPANY - MADE IN BRAZIL BLOG. Internet das coisas já é realidade, porém falta regulamentá-la. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/blog-made-in-brazil/internet-das-coisas-ja-e-realidade-porem-falta-regulamenta-la>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MASTER. Dispositivos IoT. Disponível em: <https://master.org.br/noticias/dispositivos-iot/#O> Que É Um Dispositivo IoT?. Acesso em: 15 ago. 2023.

TECHNOFAQ. 5 Ways to Implement IoT for the Benefit of Your Business. Disponível em: <https://technofaq.org/posts/2020/02/5-ways-to-implement-iot-for-the-benefit-of-your-business/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

TECHNICALOVERFLOW.ESP8266 - Easiest way to program so far. Disponível em: <https://technicaloverflow.blogspot.com/2019/01/esp8266-easiest-way-to-program-so-far.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.

WRI BRASIL. O papel do setor industrial nas emissões de energia do Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/o-papel-do-setor-industrial-nas-emissoes-de-energia-do-brasil>. Acesso em: 15 ago. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. Fostering Effective Energy Transition 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2020>. Acesso em: 15 ago. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Código IDE

```
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseESP8266.h>
#include "EmonLib.h"
#include <TimeLib.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <NTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>

#define FIREBASE_HOST "HostDoSeuFirebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "ApiKeyDoSeuFirebaseio"
#define WIFI_SSID "NomeDaSuaRede"
#define WIFI_PASSWORD "SenhaDaSuaRede"

#define CURRENT_SENSOR_PIN A0
#define CURRENT_CALIBRATION_VALUE 109

FirebaseData firebaseData;
EnergyMonitor emon1;

WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "a.ntp.br");

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Inicializa a comunicação serial com a velocidade de 115200 bps.

  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD); // Conecta-se à rede Wi-Fi usando as credenciais definidas anteriormente.
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
  emon1.current(CURRENT_SENSOR_PIN, CURRENT_CALIBRATION_VALUE);
```

```

// Configura o servidor NTP para sincronização de tempo
timeClient.begin();
timeClient.setTimeOffset(-10800); // Ajuste de fuso horário para GMT+3 (3 * 3600 segundos)
while (!timeClient.update()) {
    timeClient.forceUpdate();
}
}

void loop() {
    double Irms = emon1.calcIrms(1480);
    Serial.print(Irms);
    Serial.println("A");

    // Obtém a data e hora atual do servidor NTP
    time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();

    // Configura o horário local com base na data e hora obtidas do servidor NTP
    setTime(epochTime);

    // Obtem a data e hora local
    String date = String(year()) + "-" + formatDigits(month()) + "-" + formatDigits(day());
    String time = String(formatDigits(hour())) + ":" + formatDigits(minute()) + ":" + formatDigits(second());
    String energy = String(Irms, 2);

    // Salva a data no Firebase
    String dateNodePath = "/data/" + String(epochTime);
    if (Firebase.setString(firebaseData, dateNodePath.c_str(), date)) {
        Serial.println("Data enviada para o Firebase com sucesso!");
    } else {
        Serial.println("Falha ao enviar a data para o Firebase: " + firebaseData.errorReason());
    }

    // Salva a hora no Firebase
    String timeNodePath = "/hora/" + String(epochTime);
    if (Firebase.setString(firebaseData, timeNodePath.c_str(), time)) {
        Serial.println("Hora enviada para o Firebase com sucesso!");
    } else {
        Serial.println("Falha ao enviar a hora para o Firebase: " + firebaseData.errorReason());
    }
}

```

```
// Salva a energia no Firebase
String energyNodePath = "/energia/" + String(epochTime);
if (Firebase.setString(firebaseData, energyNodePath.c_str(), energy)) {
    Serial.println("Energia enviada para o Firebase com sucesso!");
} else {
    Serial.println("Falha ao enviar a energia para o Firebase: " + firebaseData.errorReason());
}

if (firebaseData.httpCode() != FIREBASE_ERROR_HTTP_CODE_OK) {
    Serial.println("Falha na comunicação com o servidor: " + String(firebaseData.httpCode()));
}

delay(1000);
}

String formatDigits(int digits) {
    String formattedDigits = String(digits);
    if (digits < 10) {
        formattedDigits = "0" + formattedDigits;
    }
    return formattedDigits;
}
```