

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO
NORTE CAMPUS AVANÇADO LAJES**

COORDENAÇÃO DE EXTENSÃO, PESQUISA, E INOVAÇÃO – COEXPEIN

PRÁTICA PROFISSIONAL – RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE PESQUISA/EXTENSÃO

Sistema de Medição e Monitoramento em tempo real de Eficiência Energética para Equipamento de TIC

Elisa Hellen Felipe da Cunha

Orientadora: Prof. Ma. Katiuscia Lopes dos Santo

Co-orientador: Eng. Elton da Silva Freitas

Lajes/RN, 31 de julho de 2022

Sistema de Medição e Monitoramento em tempo real de Eficiência Energética para Equipamentos de TIC

Elisa Hellen Felipe da Cunha

Relatório referente à prestação de contas do Projeto de Pesquisa/Extensão Sistema de Medição e Monitoramento “em tempo real” de Eficiência Energética para Equipamentos de TIC do Edital nº 04/2020 - PROPI/RE/IFRN - Projetos de Pesquisa e Inovação com Fomento - Edital de Pesquisa, corrigido pela orientadora Katiuscia Lopes dos Santos, alusivo ao cumprimento da Prática Profissional:

RESUMO

As fontes de produção de energia elétrica se tornaram uma necessidade de consumo para os equipamentos de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) pois, ao longo do tempo, esses equipamentos vêm aumentando seus custos funcionais e liberando uma alta quantidade de carbono na natureza. As emissões de CO₂ dos equipamentos de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) estão aumentando a uma taxa de 6% ao ano, com essa taxa de crescimento, é gerada uma crescente demanda por soluções de eficiência energética. Para ter um diagnóstico deste gasto energético oriundos dos Equipamentos de TIC, faz-se necessário um sistema de medição e monitoramento desse gasto energético, então o objetivo deste projeto de pesquisa é desenvolver um sistema de aquisição de dados (DAQ) para monitoramento da eficiência energética dos equipamentos de TIC, possibilitando a visualização e acompanhamento, em tempo real, dos gastos energéticos. O sistema de monitoramento será composto por uma plataforma Arduino, que recebe os sinais coletados por sensores de medição de corrente e tensão. Esses sinais são trabalhados de forma que seja possível o processamento pelo Arduino. Os dados são enviados para uma rede de computadores local e visualizada através de um computador ou smartphone, através de uma conexão *ethernet* onde serão visualizados através de uma página HTML. O protótipo foi montado e testes foram feitos com cargas lineares (ferro de solda) e cargas não-lineares (lâmpada eletrônica e monitor), obtendo resultados de acordo com as especificações dos equipamentos e satisfatórios para um sistema de monitoramento que auxiliem os usuários nas tomadas de decisão sobre a eficiência energética dos Equipamentos de TIC.

TABELA DE FIGURAS

Figura 1 - Placa Arduino Mega 2560.....	11
Figura 2 - Características físicas do Arduino Mega 2560.....	12
Figura 3 - Simulação virtual da montagem da medição de tensão.....	13
Figura 4 - Sistema de medição de sinal de tensão.....	14
Figura 5 - IDE cálculo de medição de tensão.....	14
Figura 6 - Simulação de sistema de medição de corrente.....	15
Figura 7 - Sistema de medição de corrente.....	16
Figura 8 - Aplicação do display LCD no protótipo.....	17
Figura 9 - Medição de corrente e tensão no display LCD.....	18
Figura 10 - Aplicação do html no IDE.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCURSÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

A chegada da eletricidade no Brasil aconteceu em torno de 1879, com a invenção da lâmpada, atualmente, temos uma matriz energética majoritariamente renovável e favorável em nosso país. A eletricidade é, atualmente, um insumo essencial e a sua importância está cada vez mais evidente na forma de organização da vida dos indivíduos, além da sua utilização como processo de valorização contínua. Um exemplo disso é sua utilização nos respectivos equipamentos tecnológicos do mundo da tecnologia da informação e comunicação.

Assim, uma baixa qualidade da energia elétrica pode causar mal funcionamento de equipamentos e acarretar desconforto e má funcionamentos dos equipamentos. No âmbito empresarial causaria prejuízos econômicos, principalmente, nas empresas onde a energia elétrica é um elemento indispensável para o funcionamento. Isto posto, torna-se imprescindível o debate sobre a eficiência energética, desenvolvendo um estudo prudente e eficaz. (PADILLA, 2008).

A eficiência energética é cada vez mais ressaltada no cenário mundial por sua contribuição na diminuição do desperdício de energia elétrica nas residências, que contribui para amenizar as consequências dos impactos ambientais decorrentes da necessidade da inserção de projetos de geração de energia de grande porte. (ANEEL, 2015).

Nesse contexto, podemos ressaltar a necessidade do monitoramento do consumo energético individualizado que, com os desenvolvimentos na área tecnológica, tornou-se ainda mais acessível nas residências. Um exemplo desses equipamentos são os *Home Energy Monitors*, que concedem a comunicação entre interfaces diferentes como computadores, *tablets* e *smartphones*, com a medição em tempo real e transmissão dos dados por *wi-fi*.

Ainda em relação ao consumo de energia residencial, os impactos causados pelo mau uso da energia elétrica se tornam evidentes na descrição e valores das contas de energia. É notório que utilizar de maneira racional eletrodomésticos específicos pode refletir em resultados positivos na conta de luz não somente residencial como comercial, institucional e ,principalmente, industrial.

Mesmo levando em conta a necessidade de energia para alimentar os sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) e sabendo que isso tem feito subindo os custos operacionais dos sistemas e a emissão de carbonos nos últimos anos, os equipamentos de TIC ainda têm uma contribuição significativa nos gastos de energia em comparação a outros equipamentos

eletroeletrônicos. Incentivando uma crescente demanda por soluções de eficiência energética, e diversas soluções para economizar energia têm sido propostas (Santos, 2018).

Como exemplo de aplicabilidades de um sistema de monitoração temos o controle de energia elétrica e utilidades, de demanda e fator de potência, sistemas de equipamentos de aquisição de dados, acionamento de cargas ativas, medição de energia e reativas e de programas de computadores, para todo tipo de sistema operacional permitindo a operação controlada de todo o sistema por meio de um microcomputador conectado via rede.

Em concordância com o relatório da Emerson Network Power (DATACENTER DYNAMICS, 2016), 80% do custo anual do *datacenter* são gastos operacionais e de energia. Isso, na prática, pode causar um maior desperdício dos recursos, havendo desajustamento dos serviços, espaços físicos ou hardwares. Tendo uma visão mais grave da problemática, relativo ao tipo de fornecimento de energia, o uso desnecessário possibilita a contribuir para uma maior emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

O IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte), possui consciência ambiental e econômica a respeito da eficiência energética dos seus campi, estando entre as instituições de ensino com maior índice de sustentabilidade do mundo, de acordo com o *UI GreenMetric – World University Rankings 2019*, divulgado pela Universidade da Indonésia. O ranking é elaborado anualmente desde o ano de 2010 e avalia as instituições que desenvolvem as melhores práticas e programas sobre sustentabilidade nos campi (IFRN 2019).

Este projeto de pesquisa tem o objetivo de medir o gasto energético de um equipamento TIC, assistindo o controle das cargas residenciais, visando o desenvolvimento de um protótipo de medição de energia elétrica, que consiga monitorar os valores de energia gastos em tempo real possibilitando ações assertivas a respeito da elevação da eficiência energética.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil é referência mundial na geração de energia elétrica através das hidrelétricas e eólicas, pela alta concentração de rios com potência híbrida elevada e campos abertos com altitude relevante para aplicação das torres eólicas. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2022) 84% da matriz energética brasileira são de fontes renováveis.

Na elaboração de um sistema de medição e monitoramento do consumo de energia "em tempo real" faz-se necessário a utilização de diversos tipos de tecnologias. Estando ciente da grande massa de sistemas (DAQ) de medição existentes, destaca-se: O sistema de aquisição de dados para monitoramento de consumo de energia elétrica de uma unidade residencial, elaboração por Freitas(2016), composto por um dispositivo de aquisição de dados, o Arduíno ®, que coleta sinais analógicos da corrente e tensão recebidos por equipamentos.

Os sinais recebidos são organizados para que haja a possibilidade do entendimento e processamento executado pelo Arduíno ®. Com os sinais processados, os dados são direcionados através da conexão wireless para uma base para serem visualizados por um monitor serial na IDE do Arduíno ® no computador ou no aplicativo Android chamado "Bluetooth SPP PRO", desenvolvido por Jerry Li, no smartphone.

Com a análise dos dados é avaliado a funcionalidade e a proximidade considerável e aceitável com aparelhos tradicionais de metragem. Logo após a submissão aos testes, o sistema nos mostra uma movimentação satisfatória, transparecendo como uma ferramenta alternativa de baixo custo.

Nos primórdios, os primeiros sistemas de medição de energia elétrica eram baseados nas lâmpadas, como a tensão e corrente nas lâmpadas era constante e todas as lâmpadas eram ligadas a uma chave única fazia-a-se necessário medir apenas o tempo que as lâmpadas estavam ligadas para termos o consumo final e foi criada a unidade lâmpada-hora (David Dahle, 2010).

O sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica em nuvem de baixo custo desenvolvido por Nunes et al.(2019) contém uma placa circuito, elaborada para o protótipo, é estruturada por módulos sensores de corrente e tensão tendo a capacidade de quantificar sinais contínuos e alternados.

No sistema de Nunes et al. (2019) os dados são coletados pelos sensores e enviados para uma aplicação na nuvem, permitindo o acesso às informações em tempo real, além de históricos, indicadores, análises e entre outros. O hardware tem como principais características as dimensões reduzidas, o baixo consumo, a medição de tensão e corrente DC e AC e comunicação sem fio.

Araújo (2018) desenvolveu um sistema de monitoramento do consumo elétrico residencial usando medidores de energia elétrica e comunicação sem fio com o objetivo de medir e verificar dados nos programas de eficiência energética. Ele usou dois transformadores no sistema, um para medição de tensão e outro específico para corrente JSCT-6 para medir a corrente.

No trabalho desenvolvido por Araújo (2018) a interface dos usuários foi construída no software LabVIEW, que foi selecionado por possuir programação gráfica, tornando simples a visualização, criação e a codificação. Foi necessário apenas colocar os dados recolhidos pelos medidores para o sistema gerar as informações de consumo de energia elétrica. Por resultado obtiveram um sistema de monitoramento com menor custo de produção que auxilia a eficiência no uso da energia elétrica por parte dos consumidores.

Analisando os desenvolvimentos e alternativas criadas nas pesquisas acima exemplificadas, é válido afirmar que a elaboração de um sistema de medição e monitoramento de eficiência em tempo real de equipamentos TIC se faz viável. Esse tema tem sido, cada vez mais, assunto de debate entre os polos de pesquisa a fim de traçarmos ideias de eficiência energética para esse tipo de aparelho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente seção os métodos utilizados para a criação do projeto e montagem do protótipo. Durante a estruturação do protótipo e implementação do projeto foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados(DAQ) para monitoramento do consumo energético dos Equipamentos TIC. Esse projeto foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Lajes.

3.1. Estrutura geral do sistema

Na realização da simulação virtual e construção do projeto os discentes anteriormente participantes do presente projeto utilizaram um software que é capaz de simular e possibilitou o

desenvolvimento do projeto de forma remota durante o período de pandemia em que vivemos. O processo de desenvolvimento do protótipo no progresso do sistema por meio de módulos de projeto de elementos, como a placa de circuito impresso. "PROTEUS" é o nome do software usado para o desenvolvimento virtual do protótipo do sistema.

3.2 Arduino

Segundo Gilberto José de Paula (2013), ao usar o Arduino é possível fazer aplicações interagindo com o ambiente através do desenvolvimento de programas que orientam suas entradas e saídas, convertendo medidas do mundo real em sinais elétricos. Com as entradas e saídas do Arduino faz-se viável conectar sensores como o sensor de temperatura, luminosidade, umidade, pressão, distância, além de outros componentes como os displays, LED, interruptores, motores e placas extensíveis como GSM, 3G, Ethernet, Bluetooth, relés e etc. (FREITAS, 2015, p.35)

Nada mais é que um pequeno computador que possibilita ser programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Também é conhecido como uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que possibilita a interação com um grande ambiente por meio de hardware e software.

O Arduino foi escolhido para ser usado nesse projeto pois ele, em comparação às outras plataformas de microcontroladores disponíveis no mercado, é o que tem maior acessibilidade de manuseio, permitindo que seja mais fácil o desenvolvimento na sua IDE do protótipo idealizado no projeto.

Utilizamos no protótipo o Arduino Mega 2560, um dos motivos da escolha é que esse modelo possui uma memória maior que o modelo Uno, o que é imprescindível para o desenvolver do projeto que terá um código pesado e utilizará muitas bibliotecas. Além disso, o modelo Mega 2560 possui um número maior de I/O (entradas e saídas), possibilitando a adição de novos componentes durante o desenvolvimento do projeto.

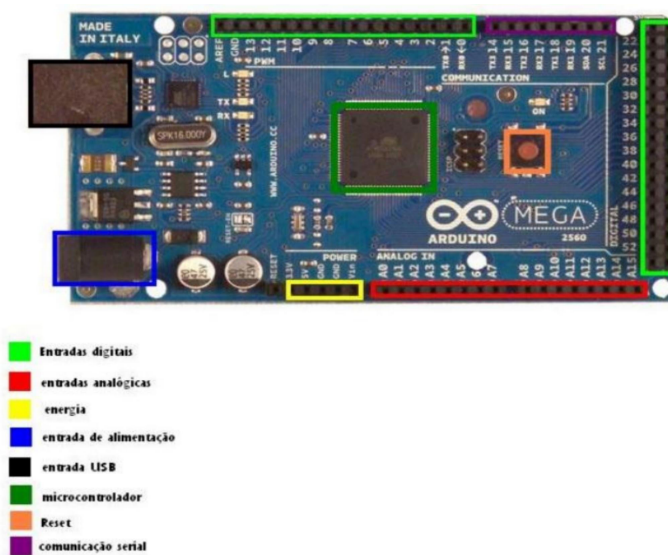
Figura 1 - Placa Arduino Mega 2560



Fonte: Arduino, 2014.

O modelo do Arduino usado na montagem do protótipo tem 54 pinos I/O (entradas e saídas), 4 UARTs (portas seriais de hardware), 16 entradas analógicas, conexão USB, um oscilador de cristal 16MHz, botão reset, conexão de alimentação e uma de ICSP Arduino Mega. Além disso, tem grande parte dos Shields do Uno, Duemilanove, Diecimila e o dobro de memória do Mega antigo.

Figura 2 - Características físicas do Arduino Mega 2560



Fonte: Destacom, 2014.

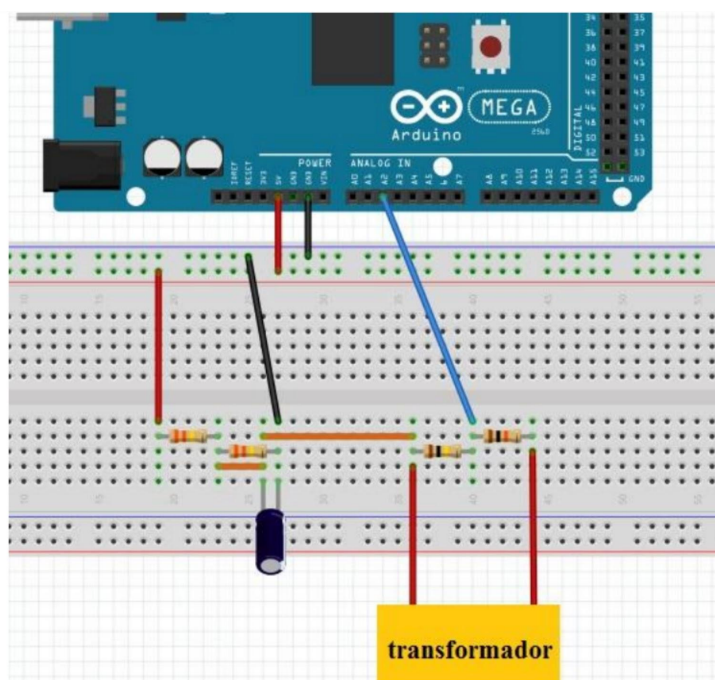
3.3. Aquisição de dados

Grande parte dos circuitos eletrônicos não têm a capacidade de aplicar diretamente os seus terminais um sinal de tensão. Os sensores se fazem necessários para que seja possível os valores que serão aplicados sejam compatíveis com a aplicação (TEIXEIRA, 2009). Portanto, o projeto desenvolvido para a leitura e aquisição de dados realizou-se por meio da separação dos mesmos em quatro módulos essenciais, sendo eles: o sensor de corrente, o de tensão, o condicionamento de sinal e a programação no IDE do Arduino utilizado.

3.4 Medição de tensão

Segundo Freitas (2016) a programação desenvolvida pela gbk robotics em seu sensor de tensão AC utilizada no módulo de tensão se tratava somente da medição única de tensão, não permitindo a inserção do módulo de tensão para colheita do valor de tensão. Assim, foi desenvolvido um sistema para medição de tensão que fosse eficaz no projeto idealizado.

Figura 3 - Simulação virtual da montagem da medição de tensão

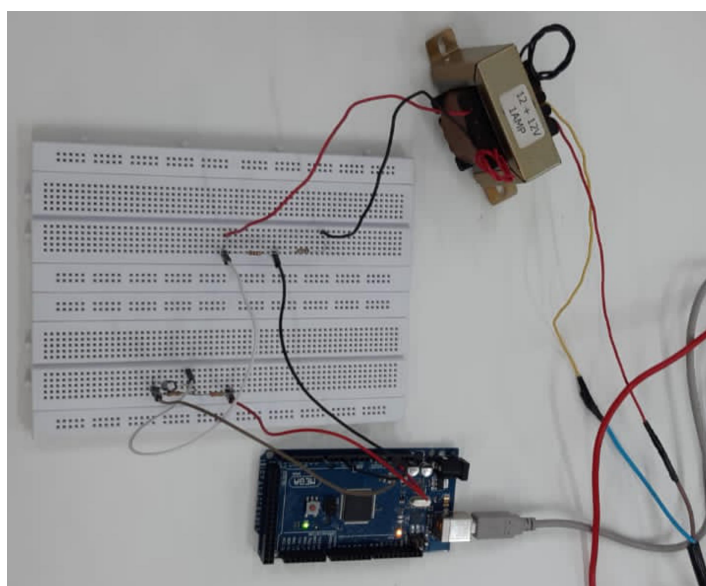


Fonte: Freitas, 2016.

Utilizamos um transformador de tensão que tinha características de tensão nominal no enrolamento primário de 220V e no enrolamento secundário 12V e como a saída de tensão do secundário era maior do que o Arduino suportaria, recorremos ao cálculo de divisão de tensão e utilizamos resistores para conseguir que o secundário tivesse a saída de tensão menor ou igual a 5.

A divisão de tensão realizada pelas resistências foi aplicada para realizar o escalonamento da forma de onda, que é um valor de pico a pico na saída do transformador dentro do valor aceitável pelo Arduino®, e o segundo divisor de tensão constituído, que foi implementado de modo a fornecer o offset que se fez necessário, evitou a existência de valores negativos de tensão. Como é visto, ainda foi adicionado um capacitor de 10 μ F com o objetivo de reduzir o ruído de alta frequência (GOMES, 2012).

Figura 4 - Sistema de medição de sinal de tensão



Fonte: Autoria própria, 2021.

Após finalização da montagem do sistema de medição do sinal de tensão com transformador elaboramos um programa com base na biblioteca emonlib.h com o objetivo de proporcionar a medição fornecida pela Open Energy Monitor.

Figura 5 - IDE cálculo de medição de tensão

```
#include <EmonLib.h>
#include <LiquidCrystal.h>

EnergyMonitor emon1;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

//pino do sensor TP
int pino_TP = 4;

//pino do sensor de corrente
int pino_STC = 5;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  lcd.begin(16, 2);

  lcd.clear();

  //pino tp, calibração, defasagem
  emon1.voltage(pino_TP, 194.5, 1.7);

  //pino sensor de corrente, calibracao - Cur Const = Ratio/BurdenR.
  2000/33 = 60.6
  emon1.current(pino_STC, 31);
}
```

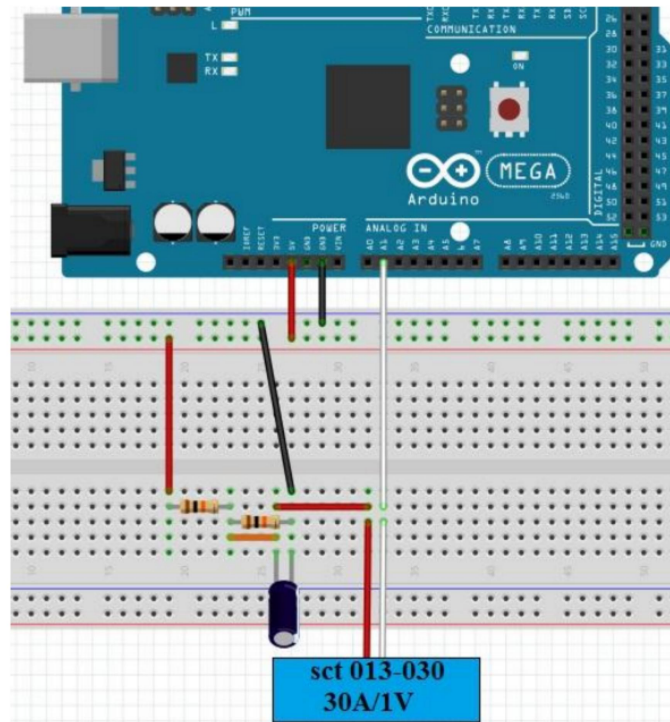
Fonte: Autoria própria, 2022.

3.5 Medição de corrente

Com o intuito de avaliar a intensidade da corrente elétrica utilizamos um sensor de corrente não invasivo, devido sua fácil inserção no campo de testes, não sendo necessário a ligação direta entre fios, utilizamos o modelo YHDC SCT-013-000 apesar de não ser o sensor ideal. O mais apropriado seria a utilização do sensor SCT-013-030 por ter sua saída em tensão que, depois de ter seu nível de tensão devidamente adequado, nos daria a possibilidade de ligá-lo diretamente na entrada analógica do Arduino®.

Infelizmente, não tínhamos esse material disponível, fizemos algumas adaptações no sensor YHDC SCR-013-000. Esse modelo de sensor tem a capacidade de medição máxima de corrente em 100A, transmitindo 50mA no secundário, apresenta sinal de saída em corrente elétrica e foi necessário a utilização de um resistor de carga para fazermos a conversão para um sinal de tensão compatível com o Arduino®.

Figura 6 - Simulação de sistema de medição de corrente

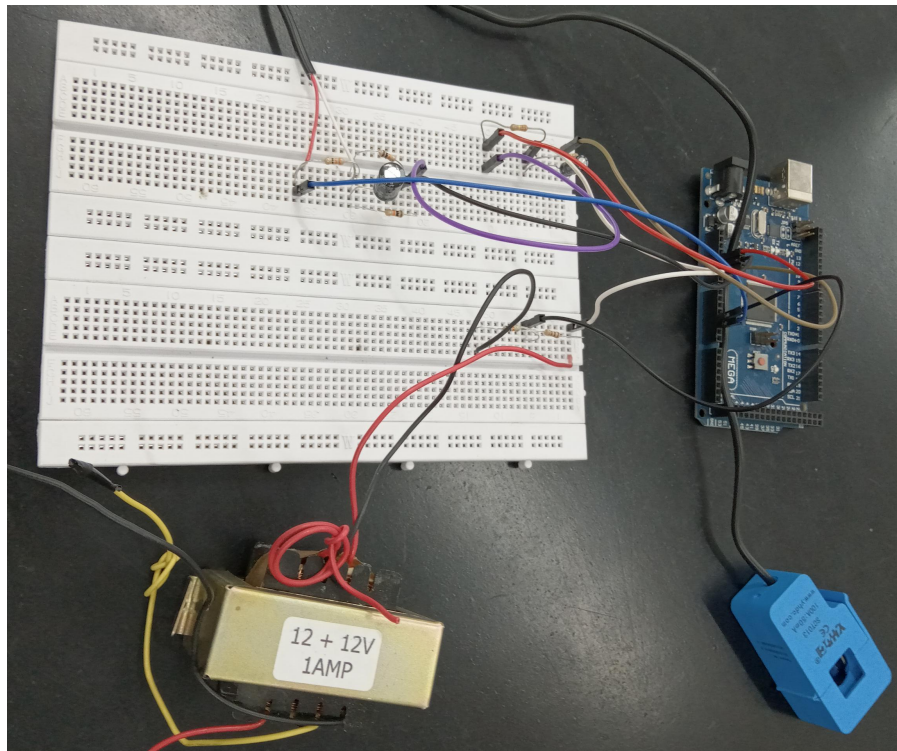


Fonte: Freitas, 2016.

Para conectar o sensor de corrente ao Arduino ® era necessário um conector Jack PQ fêmea, como não tínhamos disponibilidade desse material fizemos uma adequação retirando o conector macho Jack P2. Soldamos os fios vindos do sensor com o intuito de facilitar a sua conexão no protoboard e em seguida condicionamos o sinal do sensor com o objetivo de adequá-lo ao nível de tensão da porta analógica do Arduino®.

A porta analógica do Arduino ® tem um nível de tensão positiva entre 0V e a tensão de referência do Analog to Digital Converter (ADC), que está normalmente entre 3,3 V e 5 V. Lembrando que o sensor de corrente não invasivo trabalha por meio de conversão eletromagnética de energia e por indução o nível de tensão na saída do sensor é apresentado em corrente alternada (AC) e o Arduino ® somente recebe corrente contínua (CC) não é possível a leitura correta na entrada da porta analógica do Arduino®.

Figura 7 - Sistema de medição de corrente



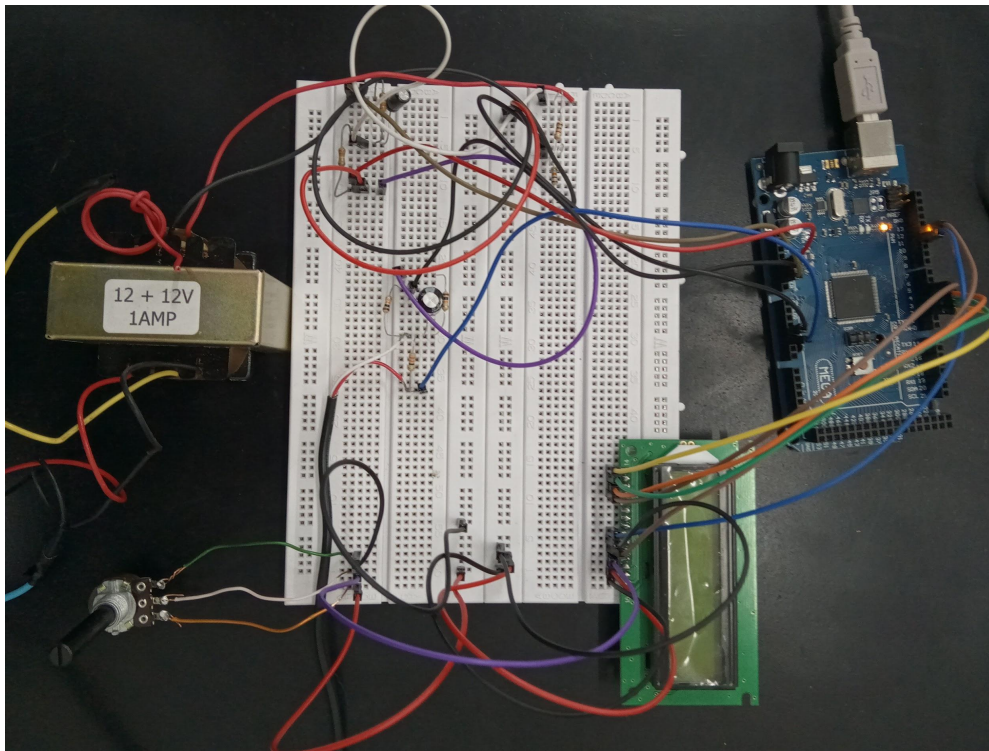
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a resolução desse impasse, adicionamos um nível de tensão de 5V DC, que é ofertado pelo próprio Arduino® por meio de um divisor de tensão. Utilizamos dois resistores de $10k\Omega$ criando um offset deslocando a forma da onda senoidal do sinal de tensão do sensor, impedindo a existência de valores negativos por causa da alternância de polos. Além disso, adicionamos um capacitor de $100\mu F$ para trabalhar como um filtro, reduzindo o ruído de alta frequência.

3.6 Display Cristal Líquido (LCD)

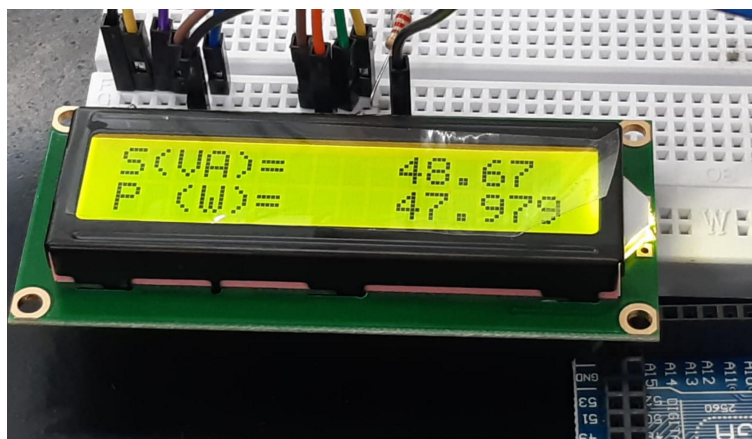
Os LCD são interfaces de saída útil em microprocessadores, os módulos podem ser gráficos ou não, geralmente tem 20 pinos para conexão. No protótipo utilizamos um de 16 pinos, aplicamos ele no Arduino usando jumps e seguindo o passo a passo disponível no site do fabricante.

Figura 8 - Aplicação do display LCD no protótipo



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 9 - Medição de corrente e tensão no display LCD



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.7 Shield Ethernet

Como a ideia do projeto é fazer a apresentação dos dados de medição para o usuário final por meio de um site, utilizamos o Shield ethernet no protótipo. O Shield ethernet possibilita acessar os dados na sua rede local e pode ser conectado à internet, permitindo seu monitoramento de qualquer lugar do mundo.

A primeira ação que fizemos quando decidimos usar o Shield foi estudar sobre o seu funcionamento e testar ele na prática para somente depois aplicá-lo ao Arduino Mega do protótipo. Então, acoplamos o Shield em um Arduino Uno para testar na prática seu funcionamento e do seu IDE e não prejudicar a programação de feita, testada e aprovada no Mega.

Após entendermos na prática como o Shield funciona acoplado ao arduino, dispensamos o Uno e adicionamos o Ethernet ao Arduino principal do nosso protótipo. Com ele devidamente instalado no Arduino mega, começamos a configuração do HTML no IDE, para que assim possamos acessar os dados pelo website e ter acesso a uma possível futura configuração gráfica usando o CSS.

Figura 10 - Aplicação do html no IDE

```
"); //Configura o texto e imprime o titulo no browser client.print("");  
client.print("GRANDEZAS MONITORADAS PELO PROJETO DE PESQUISA"); client.print(""); client.println("  
"); client.println("  
"); client.print(" Tensao (V) = "); client.print(""); client.print(Tensao_rms);  
client.println(""); client.println("  
"); client.print(" Corrente (A) = "); client.print(""); client.print(Corrente_rms);  
client.println(""); client.println("  
"); client.print(" Potencia S (VA) = "); client.print(""); client.print(Potencia_S);  
client.println(""); client.println("  
"); client.print(" Potencia P (W) = "); client.print(""); client.print(Potencia_P);  
client.println(""); client.println("  
"); client.print(" Fator de potencia = "); client.print(""); client.print(F_P);  
client.println(""); client.println("  
"); client.print(" Potencia Q (Var) = "); client.print(""); client.print(Potencia_Q);  
client.println(""); client.println("  
"); break; } if (c == 'n') { // you're starting a new line currentLineIsBlank = true; } else if  
(c != 'r') { // you've gotten a character on the current line currentLineIsBlank = false; } }  
} // give the web browser time to receive the data delay(1); // close the connection:  
client.stop(); } }
```

Fonte: Autoria própria, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os objetivos geral do projeto e analisando os resultados que apresentamos com medição de sistemas e instrumentos padrões teve um bom desenvolvimento apesar dos empecilhos encontrados ao decorrer da confecção do protótipo. De modo geral o objetivo foi alcançado sendo necessário, apenas, aplicá-lo a um caso para termos a prova concreta da capacidade de aplicação do mesmo em sistemas mais complexos, aplicando em uma situação laboratorial como protótipo.

Das dificuldades que encontradas no desenvolver desse protótipo é imprescindível citar a calibração dos códigos fontes para medição de tensão, potência real, potência reativa e fator de potência, pois dependiam diretamente da defasagem senoidal de corrente e tensão elétrica. Além disso, outro ponto que necessitou de bastante estudos e teste foi a aplicação do Shield Ethernet e aplicação do html no IDE do Arduino.

Como proposta de trabalhos futuros, indico a implementação de um banco de dados para armazenagem dos dados coletados durante um período maior de tempo, como, 3 ou 4 dias, permitindo a detecção de pontos críticos de consumo diário ou até mesmo anual, de acordo com as situações eventuais encontradas nos diversos períodos.

Além disso, indico um maior desenvolvimento gráfico e exploração dos recursos presentes no html implementado no IDE do Arduino, para melhorar a visualização do site e a exibição dos dados adquiridos.

REFERÊNCIAS

FREITAS, E. D. . Sistema de aquisição de dados para monitoramento do consumo de energia elétrica de uma unidade consumidora residencial. Mossoró-RN: UFERSA, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Departamento de Informações e Estudos Energéticos. Fontes renováveis devem aumentar participação na matriz energética em 2022. Site do governo federal, 2022.

SANTOS, K. L. . Conversor cc/cc intercalado com indutores acoplados para alimentação de um datacenter através de um sistema fotovoltaico. 2018, Fortaleza-CE: UFC.

PADILLA, Julian Villelia. Qualidade de energia elétrica. O setor Elétrico, p. 93, março de 2008. Acesso em: 17/06/2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório de Gestão. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf>>. Acesso em: 05/03/2022.

IFRN. IFRN integra ranking das instituições de ensino mais sustentáveis do mundo. Fonte: IFRN. Disponível: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/ifrn-integra-ranking-das-instituicoes-de-ensino-mais-sustentaveis-do-mundo>. Acesso em: 04/03/2022.