

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 Equipamentos de TIC

Paulo Rafael de Almeida Medeiros
Orientadora: Prof. Ma. Katiuscia Lopes dos Santo
Co-orientador: Eng. Elton da Silva Freitas

Lajes / RN, 16 de abril 2021

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

Paulo Rafael de Almeida Medeiros

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 pelo orientador Katiuscia Lopes dos Santos, alusivo ao cumprimento da Prática Profissional:

SUMÁRIO

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES.....	225
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
INDICADORES DE PRODUÇÃO	28

RESUMO

As fontes de produções de energia elétrica vêm se tornando cada vez mais uma necessidade de consumo para os equipamentos de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) sabemos que aos longos dos séculos e dos anos, esses equipamentos vêm aumentando seus custos operacionais e liberando quantidades preocupantes de carbono na natureza. As emissões de CO₂ dos equipamentos tecnológicos vêm crescendo muito com uma taxa de 6% ao ano, como essa porcentagem, os equipamentos de TIC estão representando 12% das emissões mundiais em 2020, com intuitos de busca soluções adequadas para esses fatores, buscamos desenvolver uma pesquisa por soluções de eficiência energética. Com bases nessas pesquisas vamos poder ter um diagnóstico destes gastos energéticos vindos dos Equipamentos de TIC, vimos que a necessidade de um sistema de medição e monitoramento era necessário e seria aplicado como uma solução para monitoramento desses gastos demasiados dos equipamentos TIC, com isso o objetivo principal desse projeto de pesquisa é desenvolver um sistema de aquisição de dados (DAQ) para realizar o monitoramento e realizar a aplicação da eficiência energética nos equipamentos de TIC do IFRN Campus Lajes nós guiando assim para uma visualização e diagnóstico específico “em tempo real” dos gastos energéticos, contribuindo com a criação de medidas eficazes para melhorar o desempenho da eficiência energética desses equipamentos tecnológicos, com isso buscamos contribuir para as questões ambientais, tema tão discutido nos dias atuais. Esse sistema de monitoramento é composto por um dispositivo de aquisição de dados, o Arduino®, que vai receber os sinais analógicos de corrente e tensão, coletados por sensores. Esses sinais vão ser trabalhados de forma que seja viável o processamento pelo Arduino®. Após o processamento desses sinais, os dados são enviados para uma base em um computador e um smartphone, através de conexão *ethernet* onde serão visualizados por um monitor serial na própria IDE do Arduino® no computador e por um aplicativo *Android*, no smartphone. Ao final do projeto teremos um sistema de monitoramento que auxiliem os usuários nas tomadas de decisão sobre a eficiência energética dos Equipamentos de TIC no IFRN Campus Lajes.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de energia para alimentar os sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) tem aumentado ao longo dos anos, elevando os custos operacionais e a emissão de carbono. Os Equipamentos de TIC têm uma contribuição significativa nos gastos de energia. Isto gera uma crescente demanda por soluções de eficiência energética, e diversas soluções para economizar energia têm sido propostas (Santos, 2018).

Os *datacenters*, *por exemplo*, são fortes consumidores de energia elétrica e isso vem crescendo ao longo dos anos. De acordo com a demanda crescente, aumenta também a necessidade de um gerenciamento correto de sua utilização energética. De acordo com o relatório da Emerson Network Power (DATACENTER DYNAMICS, 2016), 80% dos custos anuais do *datacenter* vêm de custos operacionais e de energia, o que na prática pode gerar um bom desperdício de recursos caso haja má adequação dos serviços, espaços físicos ou *hardwares*. De maneira ainda mais grave, dependendo do tipo de fornecimento de energia, a utilização desnecessária pode contribuir para uma maior emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. Por isso é tão importante monitorar e evitar desperdícios de energia (Silva, 2017).

A demanda de energia dos *datacenters* pode ser dividida em dois tipos: recursos computacionais e recursos físicos. O consumo de energia dos recursos computacionais é cerca de 50% do consumo total de energia, dos quais 40% é gasto pelos servidores; 5% pelos equipamentos de comunicação e 5% pelos dispositivos de armazenamento. Já nos recursos físicos, o consumo de energia dos sistemas de refrigeração representa cerca de 40% do consumo total de energia, e os sistemas de fornecimento de energia, entre outros fatores, representam cerca de 10% (Santos, 2018).

A eficiência energética de um *datacenter* gira em torno de 50%, ou seja, de 100% de energia que é fornecida ao *datacenter*, somente 50% é destinada a carga de TIC. Em média, 50% dessa energia, é consumida antes de chegar à carga de TIC, pelos equipamentos de conversão e distribuição de energia, e pelos equipamentos de refrigeração, ocasionando altas contas de energia, um grande impacto ambiental e a insuficiência de atender racks de equipamentos (Santos, 2018).

Para elevar a eficiência do *datacenter*, é necessário melhorar a eficiência dos recursos físicos, que são os equipamentos de conversão de energia e arrefecimento do ambiente, e melhorar a eficiência dos recursos computacionais, que são as próprias cargas de TIC. Para ter um diagnóstico deste gasto energético oriundos dos Equipamentos de TIC, faz-se necessário um

sistema de medição e monitoramento desse gasto energético. Existem vários tipos de sistemas que podem ser utilizados para a medição e o monitoramento do gasto energético. Os mais avançados são denominados de medidores inteligentes, ou *Smart Meters*. Estes medidores são capazes de disponibilizar informações mais detalhadas do que os medidores convencionais, o que permite ao usuário um controle mais eficaz do gasto com energia elétrica. Assim, estes novos medidores, não só contribuem com o controle dos gastos e custos energéticos, como também fornecem informações para as ideias de melhorias da eficiência energética daqueles equipamentos medidos. Entretanto, os medidores inteligentes são sistemas complexos, com tecnologias e implantação recentes tendo, assim custos elevados, portanto tornando-se inviável a todos os consumidores. Portanto, para o consumidor se torna mais acessível utilizar um sistema de monitoramento mais simples, com um preço menor e que seja de fácil de utilizar (FREITAS, 2016).

O IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte), tem uma grande consciência ambiental e econômica acerca da eficiência energética de seus *campi*, e está entre as instituições de ensino mais sustentáveis do mundo, de acordo com o UI GreenMetric – World University Rankings 2019, divulgado pela Universidade da Indonésia. Elaborado anualmente, desde 2010, o ranking classifica as instituições que desenvolvem as melhores práticas e programas sustentáveis em seus *campi* (IFRN, 2019).

Pioneiro no que diz respeito a energia solar, o IFRN se tornou a primeira instituição pública de ensino do Brasil a aderir ao sistema de compensação de energia regulamentado pela Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Atualmente, está entre as instituições públicas que mais geram energia limpa no país, uma vez que todas as suas unidades (Reitoria e 21 *campi*), contam com usinas solares. Somadas, elas têm o potencial para gerar até 3,36 GWh/ano, que representa uma diminuição de emissão anual de 339 toneladas de CO₂ na atmosfera, além de uma economia anual na ordem de R\$ 1,3 milhão (IFRN, 2019).

No IFRN Campus Avançado Lajes, o sistema fotovoltaico de geração distribuída oferece ao campus cerca de 2872 kWh, correspondendo ao fornecimento de 25% de sua demanda energética anual, ou seja, 25% da energia consumida pelo campus vem de uma fonte de energia limpa. Mas nos últimos anos, as instituições federais de ensino, está sofrendo cortes de verbas consideráveis em seu orçamento, sendo necessário avançar ainda mais na eficiência energética de seus *campi*.

Desta forma surge a ideia do modelo alternativo de um sistema de aquisição de dados para monitoramento do gasto energético para os Equipamentos de TIC no IFRN Campus Avançado

Lajes, com vista de analisar esses dados para tomadas de decisões futuras, em benefício da eficiência energética desses equipamentos. Este tipo de sistema pode se comunicar com uma base, que pode ser um computador, smartphone, entre outras, através de uma conexão física como cabo USB, comunicação sem fios ou mesmo enviar os dados pela internet permitindo assim um monitoramento remoto (FREITAS, 2016).

O projeto será desenvolvido usando a placa de prototipagem Arduino®, com sensores de corrente, sistema para medição de tensão, um display LCD responsável por indicar os valores medidos, um módulo Shield Ethernet ou wi-fi para a comunicação e envio de dados, bem como um computador e também smartphone que recebe esses dados, também será desenvolvido um sistema computacional para ajudar no monitoramento desses dados (FREITAS, 2016).

O principal objeto do projeto é desenvolver um sistema de aquisição de dados (DAQ) para monitoramento da eficiência energética dos equipamentos de TIC do IFRN campus Avançado Lajes, constituindo assim a visualização e acompanhamento “em tempo real” dos diversos gastos energéticos que vão possibilitar a criação de medidas e regras para as melhorias na eficiência energética dos equipamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na eminência do desenvolvimento de um sistema de medição e monitoramento "em tempo real" de gasto energético foi necessária uma junção de vários componentes tecnológicos. Diversos sistemas (DAQ) de medição e monitoramento de gastos energéticos estão sendo desenvolvidos, entre eles estão:

O sistema de aquisição de dados para monitoramento do consumo de energia elétrica de uma unidade consumidora residencial, desenvolvido por Freitas (2016), constituído basicamente por um dispositivo de aquisição de dados, o Arduino®, que recebe os sinais analógicos de corrente e tensão, coletados por equipamentos ou por um conjunto de equipamentos. Esses sinais são condicionados de forma que seja possível o entendimento e processamento pelo Arduino®. Após o processamento desses sinais, os dados são enviados para uma base, onde foi utilizado um computador e também um smartphone, através de conexão *wireless* feita via *bluetooth* onde foram visualizados por um monitor serial na própria IDE do Arduino® no computador e por um aplicativo *Android*, o *Bluetooth spp.* desenvolvido por Jerry Li, no smartphone. Com a análise permitia-se notar a funcionalidade, com fidelidade, e a aproximação considerável e aceitável com equipamentos de medição tradicionais. Depois de submetido aos testes, o sistema ofereceu um comportamento satisfatório, mostrando-se como uma ferramenta alternativa com baixo custo.

Já Nunes *et al.* (2019), desenvolveu o sistema de baixo custo para monitoramento do consumo de energia elétrica em nuvem, onde a placa de circuito, confeccionada para o protótipo, é constituída por módulos sensores de corrente e tensão capazes de quantificar sinais contínuos e alternados. Os dados coletados por esses sensores são enviados para uma aplicação na nuvem que permite visualizar informações em tempo real, históricos, indicadores, análises e afins. As principais características do hardware desenvolvido são: dimensões reduzidas; baixo consumo; medição de tensão e corrente DC; medição de tensão e corrente AC; comunicação sem fio. A aplicação em nuvem do sistema foi desenvolvida usando a plataforma de desenvolvimento Node-RED, que se trata de uma ferramenta de programação para conectar dispositivos de hardware e APIs com o objetivo de simplificar a criação de sistemas embarcados relacionados ao conceito de Internet das Coisas (IoT). Nesse caso, o protocolo usado para envio dos dados é o MQTT, por ser leve, flexível e que segue o modelo de publicação (publisher) e assinatura (subscriber). Como resultado foi apresentado um sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica residencial com monitoramento de tensão e corrente, sendo os dados coletados em uma plataforma Web. Os dados coletados dos sensores são visualizados em tempo real em gráficos interativos, dashboards. Desse modo, tanto o usuário quanto a concessionária de energia elétrica conseguem identificar os horários de maior consumo em cada residência do sistema elétrico, quais equipamentos demandam mais energia e, dessa forma, elaborar ações para economia de energia elétrica.

Em Araujo (2018) foi desenvolvido um sistema de monitoramento do consumo elétrico residencial com utilização de medidores de energia elétrica e comunicação sem fio para medição e verificação em programas de eficiência energética. Para a fabricação do sistema de medição, foi utilizado um transformador responsável pela medição da tensão e de um transformador de corrente JSCT-6 para as medidas de corrente, outro dispositivo foi responsável por receber as informações dos medidores de energia por infravermelho e repassá-las via um cartão de memória SD para um PC que transforma esses dados em informações úteis para o usuário final. Para o sistema de armazenamento de dados foi utilizado um cartão de memória SD de 2GB, da Sony. Todo o processamento das informações, diferente dos sistemas anteriores que utilizou Arduino, foi utilizado um microcontrolador da Texas Instruments, o MSP430F6736, o qual possui três conversores analógico-digital do tipo Sigma-Delta de 24-bits e quatro interfaces de comunicação serial, além de ter uma configuração de baixíssimo consumo. Já o sistema de transmissão de dados foi desenvolvido baseado no receptor de comunicação por infravermelho IRM-8651, responsável por demodular os sinais enviados por meio de um LED infravermelho. Essa tecnologia foi selecionada principalmente pelo baixo custo em relação a outros meios de comunicação e por ser uma tecnologia bem conhecida. A interface para os usuários foi desenvolvida no software LabVIEW, por possuir uma programação gráfica, que torna simples a visualização, a criação e a codificação da interface. Já em relação aos usuários, foi necessária apenas a inserção dos dados recolhidos pelos medidores para o sistema gerar os dados de consumo de energia elétrica. Como resultado obtiveram um sistema mais barato de monitoramento que contribui para a maior eficiência no uso da energia elétrica por parte dos consumidores finais devido à possibilidade de terem, a qualquer momento, informações pertinentes, seja do consumo individual de cada aparelho elétrico ou do total de energia consumida por todos.

Verificando essas alternativas desenvolvidas, é provável afirmar que um sistema de medição e monitoramento de corretes elétricas é viável e está sendo cada vez mais estudado e debatido pela comunidade para traçar estratégias de eficiência energética para qualquer aparelho TIC.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

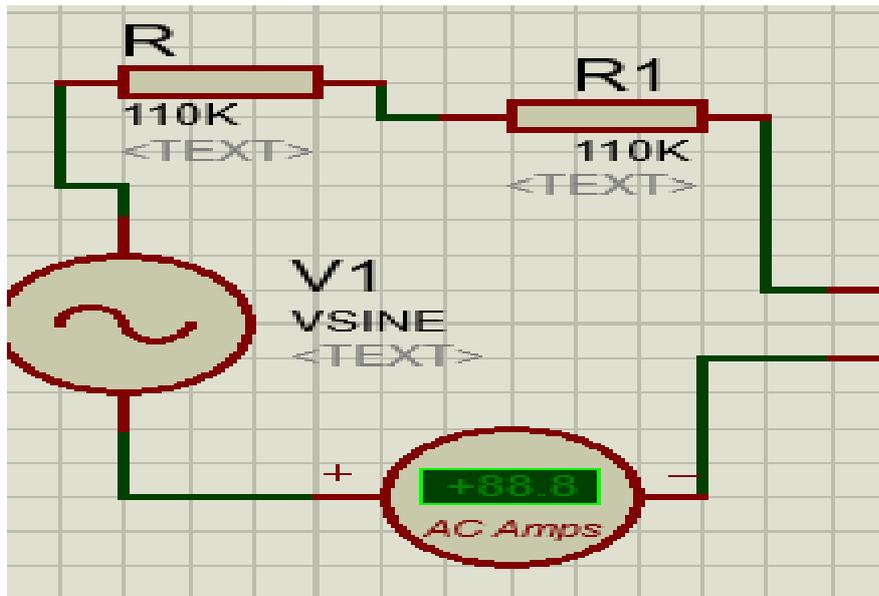
Nessa seção vamos apresentar os materiais e metodologia que foram implementadas para o desenvolvimento do projeto exposto anteriormente. O sistema de aquisição de dados (DAQ) que vamos desenvolver, será um pouco diferente do que se tinha discutido é proposto anteriormente pelos integrantes do grupo antes da chegada do COVID-19. Atualmente devido ao quadro sanitária do COVID-19 em nosso país e o agravamento da pandemia por todos os estados do Brasil incluindo o Rio Grande do Norte, tivemos que optar por novas estratégias para o desenvolvimento do sistema. As opções nos levaram a uma limitação na construção física do projeto. Com tudo devido a esse quadro epidêmico em nosso país, foi discutido com os orientadores e integrantes do grupo que seria mais viável, isto é, o projeto será realizado através da simulação virtual.

Para realizar a simulação virtual e construção do projeto os discentes utilizaram um software que foi capaz de simular e possibilita o desenvolvimento do projeto. Esse software é composto por bibliotecas de componentes que auxiliam no desenvolvimento do sistema através de módulos de projeto de componentes, como placa de circuito impresso, o software utilizado para o desenvolvimento virtual do sistema foi o PROTEUS. Todo o sistema foi feito nas suas ferramentas de desenvolvimento, com tudo o projeto foi totalmente simulado, porém devido às limitações de funcionalidades do software, devido a essas situações, vimos que seria capaz apenas de realizar algumas funções do projeto anterior, mais que seria funções primordiais, como: calcular e imprimir os valores de consumo de correntes, tensão e potência dos equipamentos.

Coleta de dados.

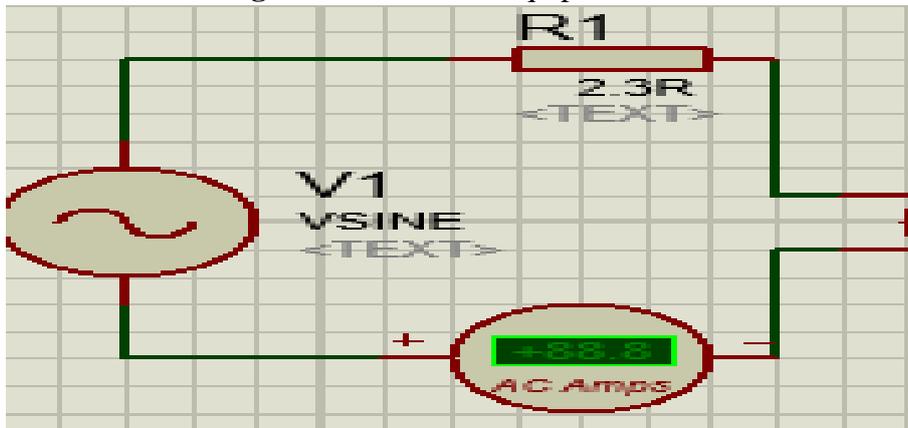
Como não foi viável o desenvolvimento do protótipo (fisicamente), relevantemente não foi possível a inserção dos equipamentos de TIC no circuito virtual. Para concretizar e realizar a coleta das informações dos equipamentos, os discentes resolveram implementar e manipular os circuitos através da variação de resistor para criar uma simulação de um determinado equipamento TIC. O PROTEUS não permitir em suas versões mais atuais inserir equipamentos TIC, com isso foi necessária essa estratégia no circuito, para obter os valores de corrente, tensão e potência que buscávamos. Como mostra as figuras 1 e 2 abaixo.

Figura 1- Simulando equipamento 1.



Fonte: Autoria própria, 2021

Figura 2- Simulando equipamento 2.



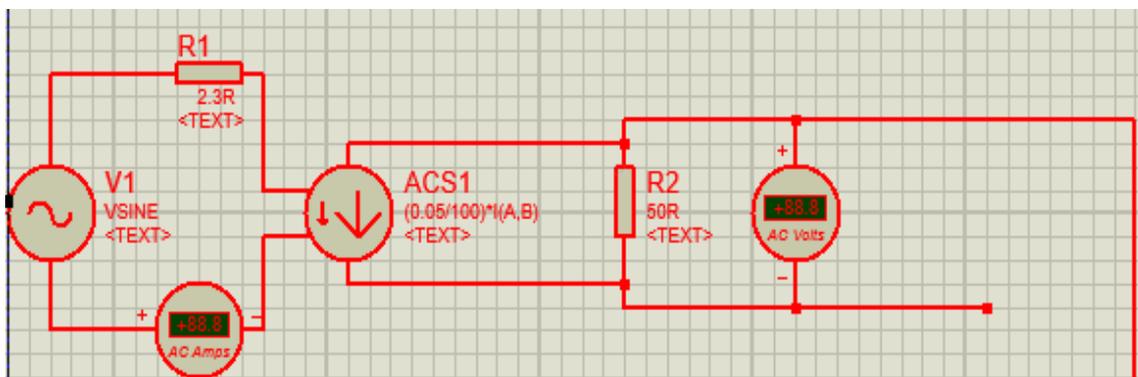
Fonte: Autoria própria, 2021

Esses dois circuitos estão representando um equipamento de TIC. Essas modificações foram feitas para que fossem possíveis coletar os dados dos determinados “equipamentos”. Diante disso, posteriormente, foram realizadas outras modificações, para que a recepção dos dados, isto é, os valores, fossem inseridos através do código do programa.

Medição de corrente

Para verificar e avaliar a intensidade da corrente elétrica, a principal forma de fazer essa verificação seria através do sensor de corrente não invasivo SCT-013-030, pois a introdução com esse sensor não iria causar uma interrupção no circuito para conceder as medições de correntes elétricas. Como já foi teorizado e explicado acima devido às limitações do software, não serão possíveis implementar o sensor no software virtual, pois não tinha no banco de dados do PROTEUS o sensor acima, com base nisso foi desenvolvido um ajustamento no circuito para que fossem possíveis realizar as implementações do sensor, mais próximo possível do sensor real do projetor no software virtual.

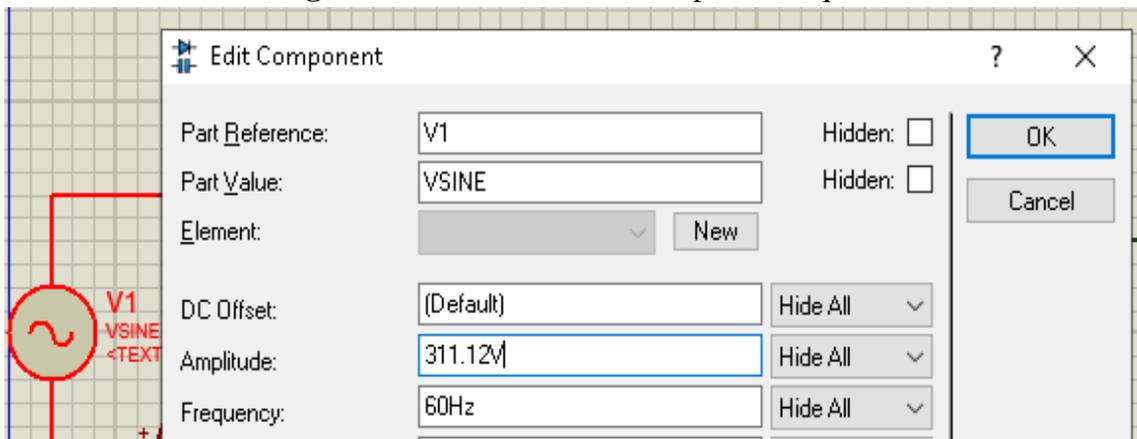
Figura 3 – Adaptação para medir intensidade da corrente elétrica



Fonte: autoria própria, 2021

Nesse momento do circuito utilizamos uma fonte de tensão, medidores, resistores, e uma fonte controlada por corrente arbitrária. Com tudo esse sistema está simulando o sensor de corrente não invasiva SCT-013-030, visando implementar as funcionalidades real do sensor.

Figura 4 – Definindo tensão de pico e frequência

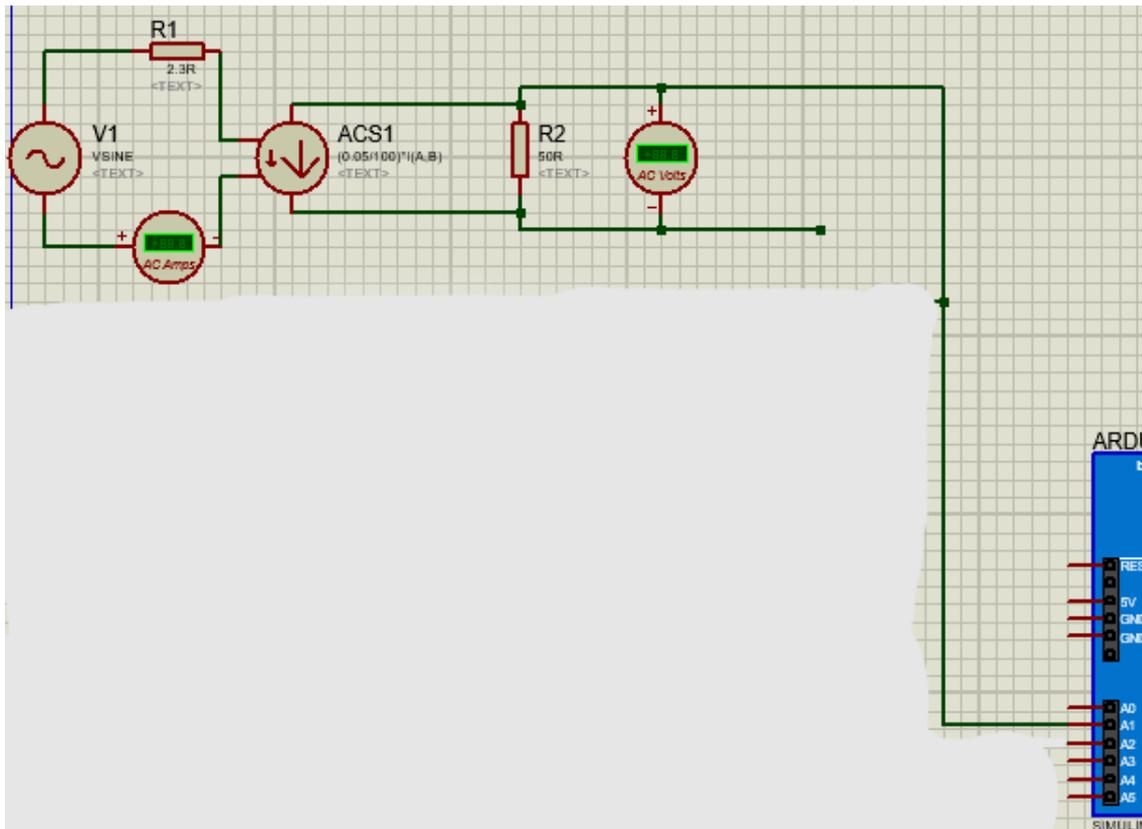


Fonte: autoria própria, 2021

Com tudo é importante ressaltar que, nessas horas o essencial foi “trabalhar” com tensão de pico e não com tensão de eficaz. Como podemos observar na Amplitude a cima local onde

modificamos o valor, podemos observar que o maior valor de tensão de pico é 311.12V. Para chegarmos a esse valor foi necessário um cálculo matemático de tensão de pico, é necessário utilizar a tensão e multiplicar ela pela raiz de 2 (1,414213). Com isso, encontramos o valor de pico. Utiliza-se também, a frequência padrão que é os 60Hz.

Figura 5- Esquema de ligação para obter o sinal da corrente elétrica



Fonte: autoria própria, 2021

Nessa estrutura, é possível visualizar o conjunto de equipamentos que fazem parte do sensor para coletar os sinais de corrente, a junção desse sensor na porta analógico “A1” do Arduino. Infelizmente não será possível no momento, como mostra o esquema de ligação real, com base nas limitações.

Figura 6- Código com programação

```

//adicionar as bibliotecas
#include "EmonLib.h"
#include <LiquidCrystal.h>
EnergyMonitor emon1;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
//pino do sensor SCT-013 30A
int pino_STC = 1;

//pino do sensor TP
int pino_TP = 2;

float potencia_armazenada = 0; // Variavel para calculo de consumo
float potencia_var = 0; // Variavel para calculo de potência reativa
float valor_pago = 0; // variavel para calculo de faturamento

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);

  Serial.begin(115200);

  emon1.current(pino_STC, 29.03);
  //pino tp, calibração, defasagem
  emon1.voltage(pino_TP, 225, 1.7);
  //informações iniciais ao display

```

Fonte: autoria própria, 2021

O código está programado para funcionar da seguinte maneira. Vale observar a inclusão das bibliotecas que serão utilizadas “EmonLib.h” e “<LiquidCrystal.h>” para que seja possível a compilação corretamente dos equipamentos. Essas bibliotecas são responsáveis pelos seguintes critérios dentro da aplicação. A “EmonLib.h” funciona na medição e calibração das grandezas básicas a.c. já a outra biblioteca está responsável pela parte de funcionamento e junção do LCD`'s ao Arduino, essa tela faz com que possamos ter o melhor controle da interação do código com o Arduino, tendo assim algumas funções no momento da inicialização do código, como pisca a tela do LCD e rolagem de texto e entre outros funcionalidades específicas.

Figura 7- código para imprimir valores de corrente e fator de potência.

```

void loop()
{
//calculo de tensão correspondente ao sinal de entrada
emonl.calcVI(20,2000);
float Potencia_P = emonl.realPower; //recebe potência Ativa
float Potencia_S = emonl.apparentPower; //recebe potência Aparente
float Fator_de_Potencia = emonl.powerFactor; //recebe fator de potência
float Tensao_rms = emonl.Vrms; //recebe Tensão eficaz
float Corrente_rms = emonl.Irms; //recebe corrente eficaz
//informa o valor de corrente
Serial.print("Corrente = ");
Serial.print(Corrente_rms); //Corrente eficaz -Irms-

lcd.clear();
lcd.print("I (A) =");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(Corrente_rms);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("FP = ");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(Fator_de_Potencia, 1);
delay (2000);

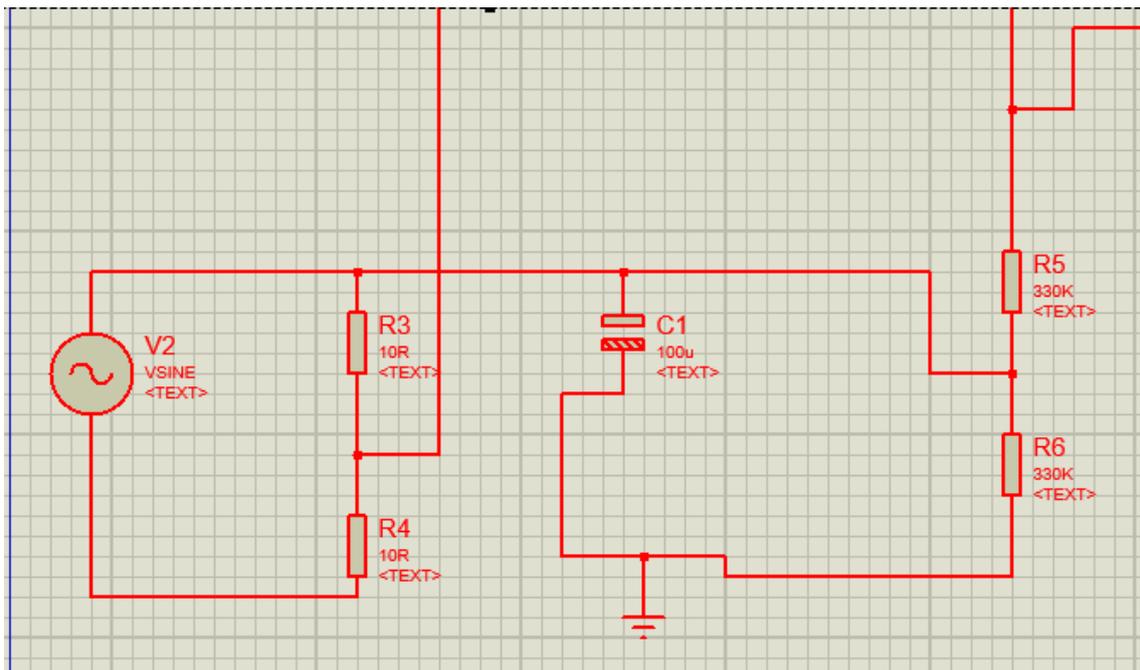
```

Fonte: autoria própria, 2021

Medição de tensão

Para esse quesito do projeto, encaminhou-se necessário conduzir uma adaptação de um transformador que será usado para coleta e realizar a medição de tensão. Nesta adaptação foi necessário reunir vários materiais para chegar à determinada função. Com objetivo de mensurar a tensão, dirigiu-se usar uma fonte de tensão, resistores e um capacitor, que está sendo resultado na figura 8.

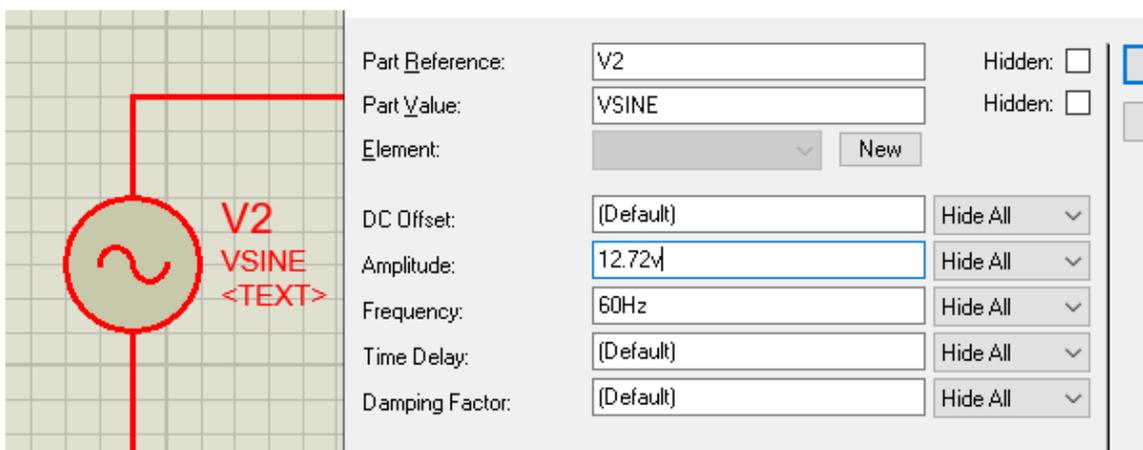
Figura 8- Adaptação para capturar a tensão.



Fonte: autoria própria,2021.

Importante visar que, nesse transformador a tensão que está sendo conduzida pela entrando para o circuito é de 9V, então é necessário configurar a fonte de tensão nos valores necessários de tensão de pico, que está sendo exposto na figura 9.

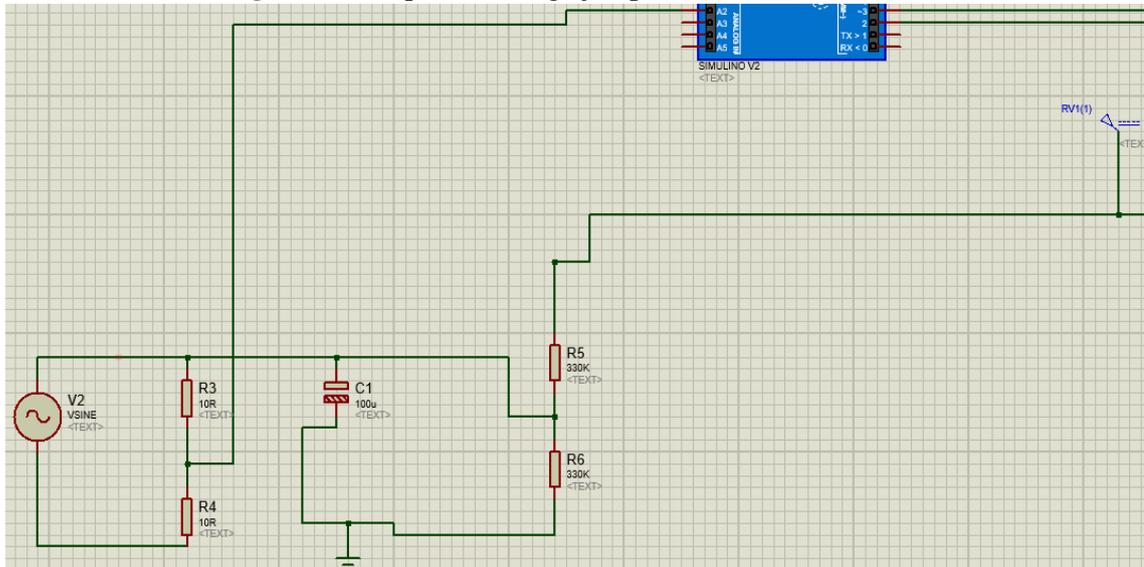
Figura 9- configuração da tensão de pico e frequência



Fonte: autoria própria, 2021

Mantém-se os mesmos cálculos de tensão de pico para chegamos ao resultado 12.72V. Tensão* raiz de 2. Com tudo o resultado é uma tensão igual a 9V, em seguida multiplicamos por 1,414213 e chegaremos na tensão de pico correspondente.

Figura 10-Esquema de ligação para obter a tensão.



Fonte: autoria própria, 2021

Nesse diagrama de ligação no software virtual é possível visualizar que se tem a necessidade de montar um divisor de tensão, visto que a entrada analógica do Arduino só faz a leitura de tensão positiva que pode variar entre 0-5V, nesse quesito aplica-se que o transformador tem saída de 9V, assim dizendo que com o divisor de tensão podemos obter tensões menores para o gerador disponível. Assim em conjunto com o circuito ao lado o Arduino com junção de um capacitor poderá ler as tensões positivas 0-5V, isto é, o filtro será responsável pelo deslocamento da tensão.

Figura 11- código para calcular e imprimir os valores de tensão e de potência ativa.

```

lcd.clear();
lcd.print("Tensão = ");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(Tensao_rms);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Pot P = ");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(Potencia_P, 1);
delay (2000);

//preencher os valores no modelo apresentado no lcd

potencia_armazenada += Potencia_P/3600000;
potencia_var= sqrt ((Potencia_S*Potencia_S) - (Potencia_P*Potencia_P));
valor_pago = potencia_armazenada * 0,3795;
delay(2000);
}

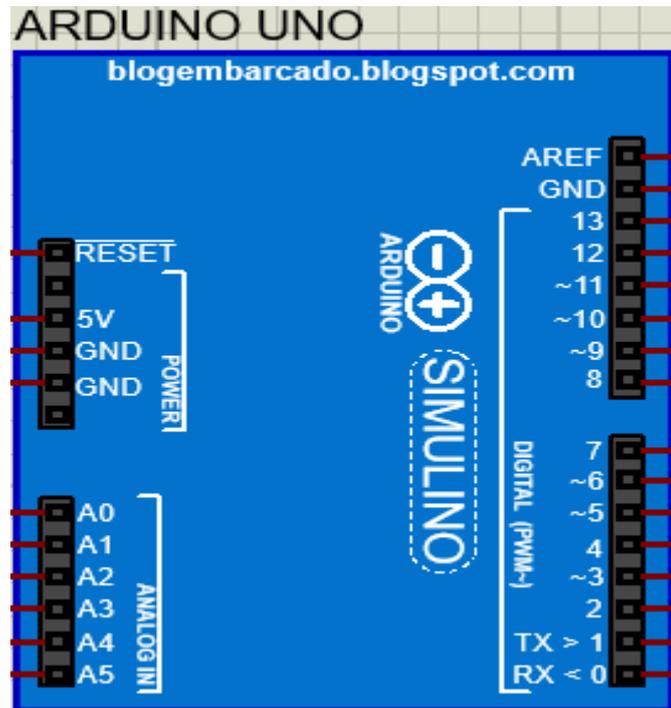
```

Fonte: autoria própria, 2021

Ferramenta utilizada para auxiliar na programação e se comunicar com outros eletrônicos.

Diante do desenvolvimento do projeto as ferramentas responsáveis para facilitar na programação e comunicação entre os componentes do projetor seria o Arduino. Discutimos entre grupo que seria mais viável para esse projetor, para simplificar no desenvolvimento o uso do Arduino MEGA. Diante da simulação virtual usamos todos os procedimentos que seriam usados (fisicamente). Em frente das limitações do PROTEUS, software utilizado no desenvolvimento da simulação, diante dessas limitações, o software apresentou alguns problemas com os “pack” de ferramenta de Arduino, onde o software apresentou uma falha nos Arduino, verificando essas falhas as alternativas mais viáveis era realizar os testes com um outro tipo de Arduino. Após realizar os testes optamos pela escolha do Arduino mostrado a baixo na figura 12. Diante disso o grupo optou por vários testes para conseguir sanar essa lacuna.

Figura 12- Arduino utilizado para auxiliar na programação e comunicação



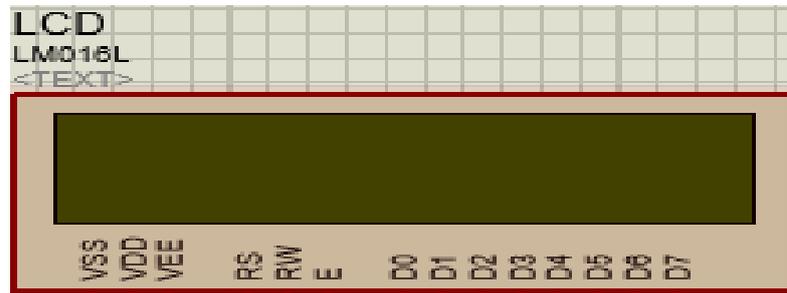
Fonte: autoria própria, 2021

Comparando-se com o Arduino Mega, o Uno não era o mais indicado para fornecer o índice de microcontroladores esperados, com isso verificamos que essa opção não possuía tantas entradas e saídas como o Arduino Mega. Entretanto diante do quadro de simulação foi o único viável para sana o problema citado a cima, apresentando funcionalidade perfeita, isto é, o grupo optou por fica com essa opção de Arduino. E sua funcionalidade foi a esperada.

Amostra dos dados processados

Anteriormente no projeto físico a funcionalidade de exibição de resultados seria apresentada através das plataformas móbile **ELIPSE MÓBILE E ELIPSE SCADA**. Entretanto como o software virtual apresenta limitações, optamos pelo uso do display LCD 16x2 para exibir as informações processadas. Como mostra a figura 13.

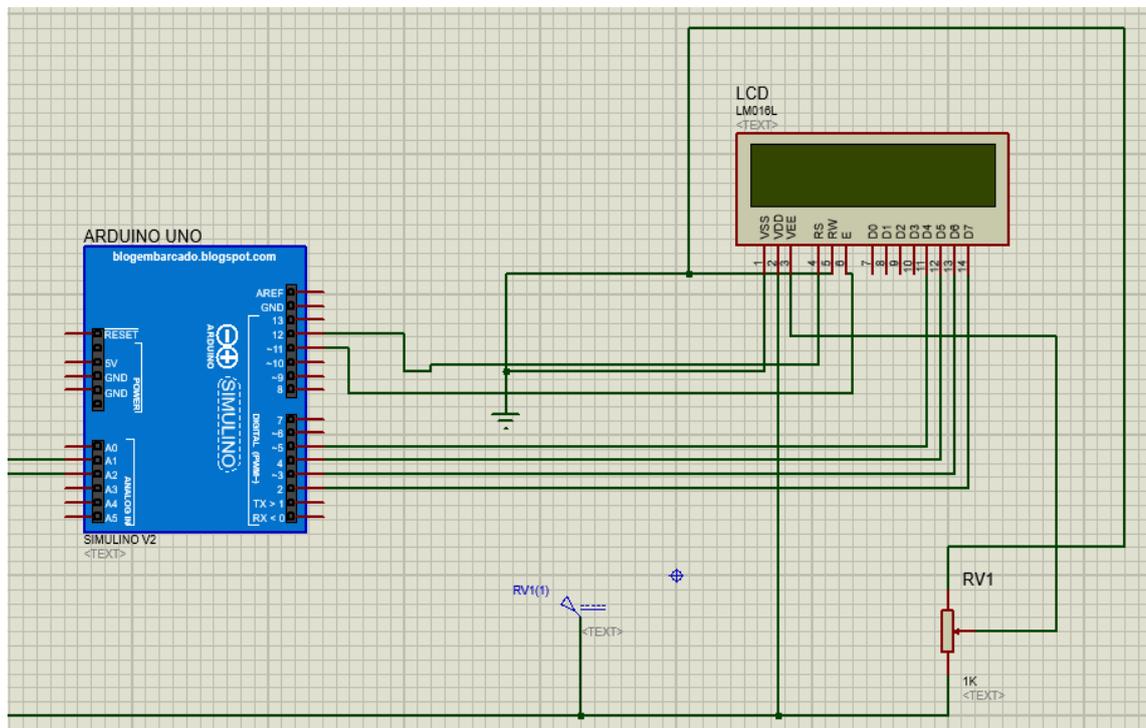
Figura 13 – Display 16x2 Alphanumeric LCD



Fonte: autoria própria,2021

O display foi um componente importante para o desenvolvimento do projeto, diante do quadro atual do grupo, sanamos a lacuna da exibição dos valores no software virtual. Como mostra a figura 14 a comunicação e ligação do Display LCD com a ferramenta Arduino.

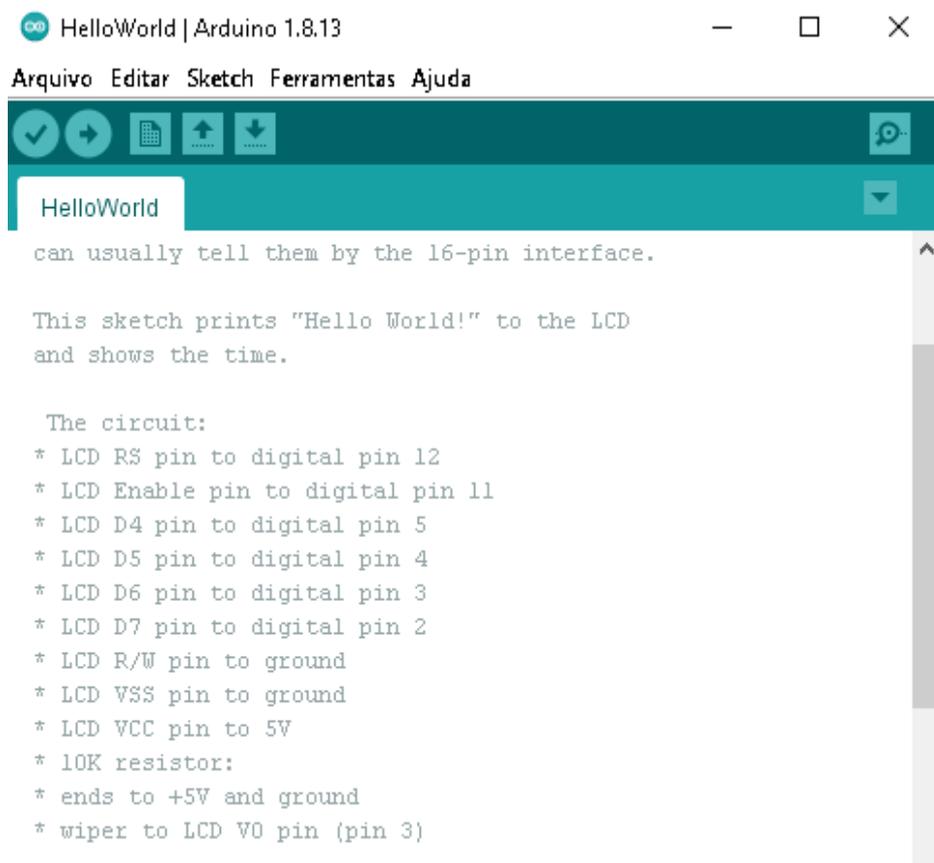
Figura 14- montagem da comunicação display com Arduino



Fonte: autoria própria, 2021

A montagem da comunicabilidade desses eletrônicos foram realizadas através do Arduino IDE, que faz a junção do esquema com o Arduino e o display. Graças a ajuda do co orientando conseguimos desenvolver e realizar essa etapa e entre outras com sucesso.

Figura 15- Esquema liberado pelo Arduino IDE



Fonte: autoria própria, 2021

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o término do processo de organização e montagem do projeto, foram feitas as continuidades para realização dos testes para o obter os resultados esperando na simulação. Neste quesito do projeto foram apresentados os testes para verificar as funcionalidades, com fundação nestes resultados apresentados na simulação virtual, podemos analisar os resultados coletados através das leituras.

Na iminência de realizar as leituras com o máximo de precisão, encaminhou-se necessário fazer uma calibração nas medidas de corrente e tensão, conforme a figura 15, os valores foram ajustados para que as leituras ocorressem de forma mais precisa possível, simulado o máximo do real.

Figura 15- Implementação Final do Código.

```

emon1.calcVI(20,2000);
vartensao = analogRead(pinTP);
volts = 240;
varcorrente = analogRead (pinSCT);
amper = 1.8;

float potenciaP = amper * volts;
potencia = potenciaP / 1000;

consumo_aux = potencia * tarifa;
consumo = consumo + consumo_aux;

lcd.clear();
lcd.print("Tensao: ");
lcd.print(volts);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Corrente: ");
lcd.print(amper);
lcd.print(" A");
delay(1000);

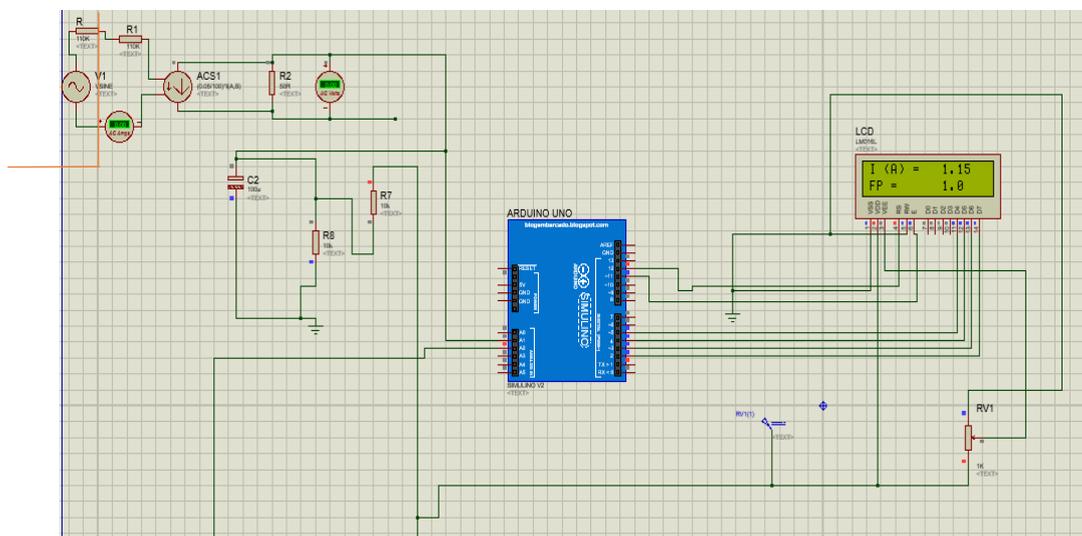
lcd.clear();
lcd.print("Potencia:");
lcd.print(potencia);
lcd.print("KWh");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Consumo $:");
lcd.print(consumo);
delay(1000);

```

Fonte: autoria própria, 2021

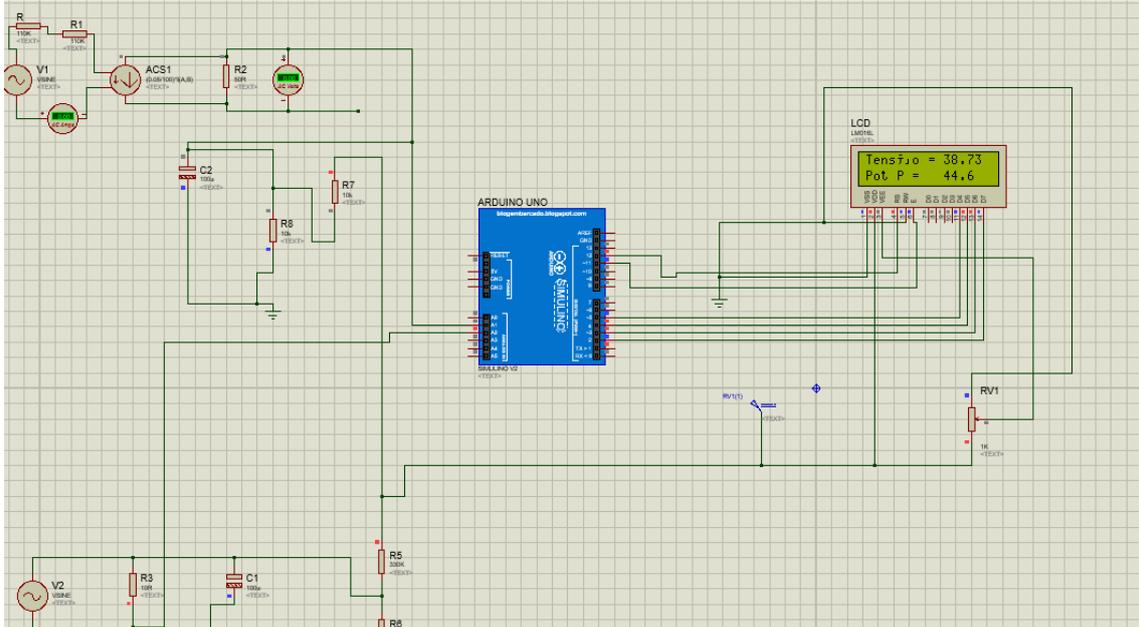
Posteriormente, foram realizadas algumas indagações e reflexões sobre o projeto, o grupo se reuniu e conseguiram sanar uma boa parte das dúvidas que ficaram. O grupo conseguiu implementar outro código no programa, este por sua vez, trazendo algumas correções, como por exemplo, o fato da entrada dos dados. Anteriormente, o código foi feito para receber dados através dos equipamentos, em cima dessa questão, os alunos fizeram um novo código visando corrigir esse acontecimento, pois não teria possibilidade da recepção de dados através de um equipamento, pois o projeto, no máximo, só poderia simular. Então foi resolvido da seguinte forma, os alunos implementaram um código, onde os valores de corrente e tensão eram inseridos no próprio programa. Como mostra a figura 15.

Figura 16- Projeto fazendo a leitura de corrente e fator de potência do Equipamento_1.



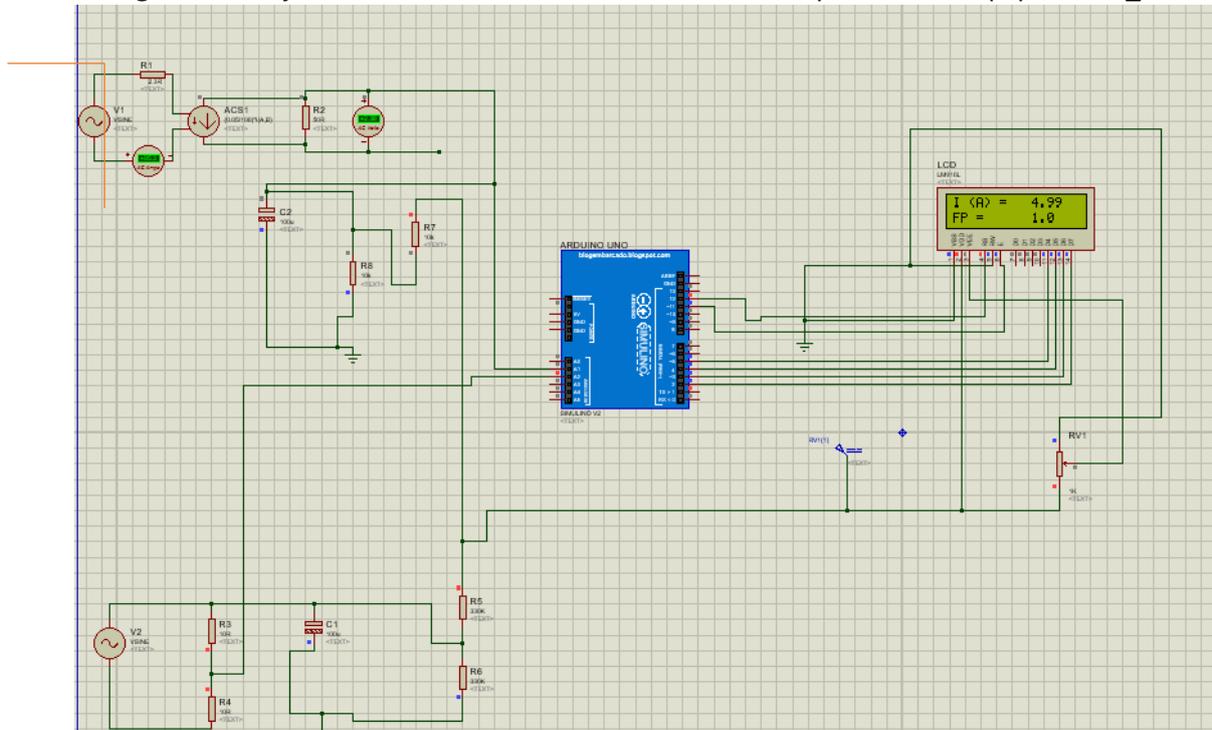
Fonte: autoria própria, 2021

Figura 17- Projeto fazendo a leitura de Tensão e de potência ativa do Equipamento_1.



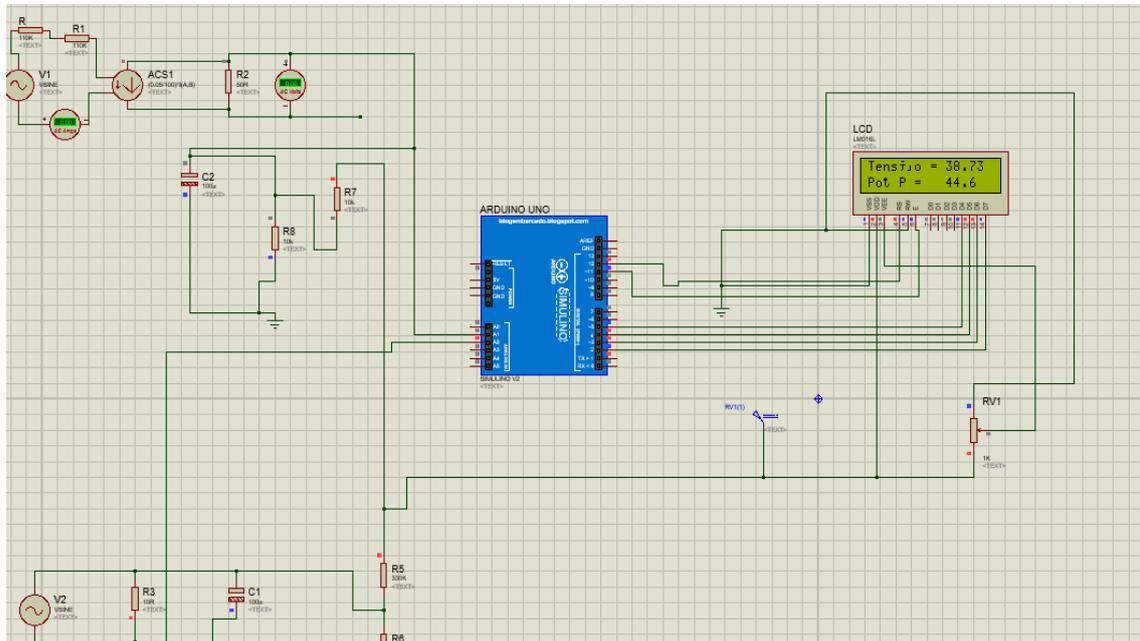
Fonte: autoria própria,2021

Figura 18- Projeto fazendo a leitura de corrente e fator de potência do Equipamento_2.



Fonte: autoria própria,2021

Figura 19- Projeto fazendo a leitura de tensão e potência ativa do Equipamento_2.



Fonte: autoria própria,2021

5. CONCLUSÕES

Encaminhando-se nesta conclusão um pouco das experiências no desenvolvimento do sistema, existem vários fatores importantes para ressaltar que foram muito presentes durante o desenvolvimento do sistema, fatores como as objeções. As dificuldades foram muito presente durante o desenvolvimento virtual do sistema, principalmente pelos os atuais obstáculos que enfrentamos no contexto atual da pandemia, especialmente em relação a esfera do estudo e saúde mental dos estudantes. A somatório desses obstáculos resultou em um grande atraso com relação ao desenvolvimento do projeto em sua forma física real, conseqüentemente deixando-o apenas como uma simulação virtual, ponto no qual causou uma limitação nos recursos de desenvolvimento do projeto, como procurar por um simulador.

Entretanto no processo de desenvolvimento do sistema todas as etapas foram concluídas com sucesso, buscando o máximo possível solucionar os erros e obstáculos diante da simulação virtual.

A priori no desenvolvimento, um dos fatores mais árduos foi solucionar esses pequenos erros e imprevistos na hora da montagem do sistema no software virtual (PROTEUS), como erros(bugs) nas bibliotecas de “pack” dos Arduinos. Foram realizados outros testes para verificar se esses possíveis erros eram na programação, ou na configuração da montagem dos circuitos, entretanto chegamos ao problema raiz, descobrimos que os erros eram com os Arduinos escolhido e sua biblioteca, que estavam com bugs na versão, com tudo escolhemos outras bibliotecas disponíveis na internet e instalamos no Software PROTEUS. Com isso instalamos o Arduino UNO finalizando e solucionando os erros, dando assim continuidade com o Arduino UNO (Utilizado no desenvolvimento do sistema). Aplicamos esse conhecimento na metodologia do sistema.

Independentemente dos obstáculos todos os erros e acertos foram muito importantes para o desenvolvimento da simulação virtual do sistema, com isso o projeto foi finalizado. Projetado com as ferramentas que tivemos durante esse período tão complicado que estamos vivenciando no meio acadêmico, por mais que tenha-se limitador é modificado da versão física, o sistema atendeu todos os requisitos esperados. Diante do desenvolvimento em conjunto e dos conhecimentos obtidos e compartilhados com o grupo, foi possível aplicar diversas técnicas e tecnologias já estudadas antes no desenvolvimento do sistema, como linguagem de programação C++, eletricidade instrumental e analógica digital e entre outros conhecimentos. Todos esses procedimentos proporcionaram experiências únicas e muito relevantes para os integrantes do grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. C. (2018). *SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO RESIDENCIAL COM UTILIZAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA COM COMUNICAÇÃO SEM FIO PARA MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA*. Campinas-SP: UNICAMP.

Arduino. (2020 de 07 de 2020). *Introdução*. Fonte: Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

FREITAS, E. D. (2016). *SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE CONSUMIDORA RESIDENCIAL*. Mossoró-RN: UFERSA.

IFRN. (03 de 12 de 2019). *IFRN integra ranking das instituições de ensino mais sustentáveis do mundo*. Fonte: IFRN: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/ifrn-integra-ranking-das-instituicoes-de-ensino-mais-sustentaveisdo-mundo>

Nunes, L. H., Oliveira, K. D., & Menezes, J. F. (2019). Sistema de Baixo Custo para Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica em Nuvem. *XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS – SBrT2019* (pp. 1-2). PETRÓPOLIS-RJ: SBrT2019.

Santos, K. L. (2018). *CONVERSOR CC/CC INTERCALADO COM INDUTORES ACOPLADOS PARA ALIMENTAÇÃO DE UM DATA CENTER ATRAVÉS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO*. Fortaleza-CE: UFC.

Silva, M. K. (2017). SOLUÇÕES DE TI VERDE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA DATA CENTERS. *ReTIC Revista Tecnologia da Informação e Comunicação: Teoria e Prática UNISUL*.

INDICADORES DE PRODUÇÃO

Premiado em 2º lugar pela Comissão Organizadora do evento na modalidade POSTER, na área de Tecnologia e Inovação na **II** Mostra Científica, na **II** SEMADEC do IFRN-Campus Avançado Lajes.

Segue o link para acessar o CV LATTES: *<http://lattes.cnpq.br/3643618319275820>*