

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO TÉCNICO EM ELETRÔNICA INTEGRADO AO
ENSINO MÉDIO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Francisco de Assis Ferreira de Oliveira Junior

DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO EÓLICA

João Pessoa

2019

Francisco de Assis Ferreira de Oliveira Junior

DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO EÓLICA

Trabalho de conclusão de curso técnico apresentado
ao Instituto Federal da Paraíba como requisito parcial
para a obtenção do título de Técnico em Eletrônica.

Orientador(a): Adaildo Gomes D Assunção Junior

João Pessoa

2019

Francisco de Assis Ferreira de Oliveira Junior

DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO EÓLICA

Trabalho de conclusão de curso técnico integrado ao ensino médio apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Eletrônica.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Paulo Ixtânio Leite Ferreira — IFPB

Leonardo de Araujo Moraes — IFPB

Adaildo Gomes D Assunção Junior — IFPB (orientador)

Aos meus pais que nunca deixaram nada
faltar e sempre fizeram de tudo para que
minha vida fosse o melhor possível. Com
todo amor, dedico meu primeiro passo
nessa caminhada chamada vida a vocês.

“Sonho que se sonha só
É só um sonho que se sonha só
Mas sonho que se sonha junto é
realidade”.

Raul Seixas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por sempre me apoiarem e me incentivarem em qualquer situação, me ajudarem em qualquer problema e que sempre deram duro para que todos obstáculos fossem ultrapassados.

Agradeço o próprio instituto pela oportunidade que tive de ingressar ao curso e todas oportunidades que foram me dadas.

Agradeço ao meu orientador Adaildo Gomes pelo esforço e os momentos que reservou para me orientar nesse trabalho, além de todo conhecimento fornecido em suas aulas.

Agradeço a meus amigos, em especial Raquel, Lucas (NZ) e Álefe, os que mais me deram forças e motivação nessa conclusão de curso.

Agradeço também ao Técnico da instituição Hélder Cavalcante pela enorme paciência e compaixão que teve com todos os alunos que foram no laboratório de manutenção pedindo auxílio em seus trabalhos na área.

E por fim, agradeço a todos vocês que estão lendo este trabalho, afinal, do que serviria o conhecimento se não fosse passado para frente?

Muito obrigado IFPB, parentes e amigos, sem vocês eu não conseguiria chegar onde estou.

RESUMO

A energia eólica pode ser uma solução tanto para ajudar o meio ambiente sendo uma geração limpa de eletricidade, quanto para futuros problemas energéticos que poderemos enfrentar devido a extinção de combustíveis fósseis, porém hoje em dia ainda não há um uso proeminente. Então como forma de contribuir com esse possível avanço energético, mostraremos nesse projeto um dispositivo de baixo custo utilizando o microcontrolador NodeMCU V3 lolin WiFi ESP-12E através de uma interface *web* leituras de tensão e exibição de corrente e potência de um mini gerador eólico. O trabalho se trata de uma pequena ferramenta de trabalho para a verificação de rendimento eólico local para conferir onde pode ser o melhor local de instalação.

Palavras-chave: Ambiente; Contribuir; Energia; Eólica; *Web*;

ABSTRACT

Wind power can be a solution both to help the environment being a clean generation of electricity and to future energy problems that we may face due to the extinction of fossil fuels, but today there is still no prominent use. So as a way to contribute to this possible energy advance, we will show in this project a low-cost device using the microcontroller NodeMCU V3 Iot WiFi ESP-12E through a web interface voltage readings and current and power display of a mini wind generator. The work is a small work tool for the verification of local wind yield to check where can be the best place of installation.

Keywords: Environment; Contribute; Energy; Wind; Web;

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ω	Ômega, Ohms – Unidade de resistência
A	Ampere – Unidade de Corrente
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
CA ou AC	Corrente Alternada
CC ou DC	Corrente Contínua
I	Corrente
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de desenvolvimento integrado)
mA	Mili Ampere – Unidade de Corrente
MW	Mega Watts – Unidade de Potência
NTP	<i>Network Time Protocol</i> (Protocolo de Tempo para Redes)
R	Resistencia
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Série Universal)
V	Volts – Unidade de Tensão
VCC	Tensão Corrente Contínua
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> (Fidelidade sem fio)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Elétrica Mundial 2016.....	13
Figura 2 - Matriz Elétrica do Brasil 2016.	14
Figura 3 - Capacidade Instalada de Produção de Energia Eólica no Brasil (em MW).	15
Figura 4 - Aerogerador horizontal de três pás.	18
Figura 5 - Rotor Savonius.	19
Figura 6 - Rotor H-Darrieus.....	19
Figura 7 - Esquemático do circuito do projeto.	20
Figura 8 - ESP8266 NodeMCU.	21
Figura 9 - Motor DC do minigerador eólico.	22
Figura 10 - Fluxograma da programação desenvolvida para o projeto.....	25
Figura 11 - Página da web criada em HTML.....	26
Figura 12 - Montagem completa.	27
Figura 13 - Tabela de medição na página web.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. GERAÇÃO EÓLICA (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA).....	17
2.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM RELAÇÃO A ENERGIA SOLAR	17
2.2 TIPOS DE AEROGERADORES.....	18
3. MATERIAIS E COMPONENTES	20
3.1 ESQUEMA DO CIRCUITO	20
3.2 NODEMCU V3 LOLIN WIFI ESP8266 ESP-12E	21
3.3 MOTOR DC COMO MINI GERADOR EÓLICO	22
3.4 PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO DE TENSÃO CORRENTE E POTÊNCIA	23
3.5 PROTOCOLO NTP	24
3.6 PROGRAMAÇÃO	24
4. RESULTADOS	27
5. CONCLUSÕES	29
6. APÊNDICE A – CODIGO FONTE ARDUINO IDE	30
7. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

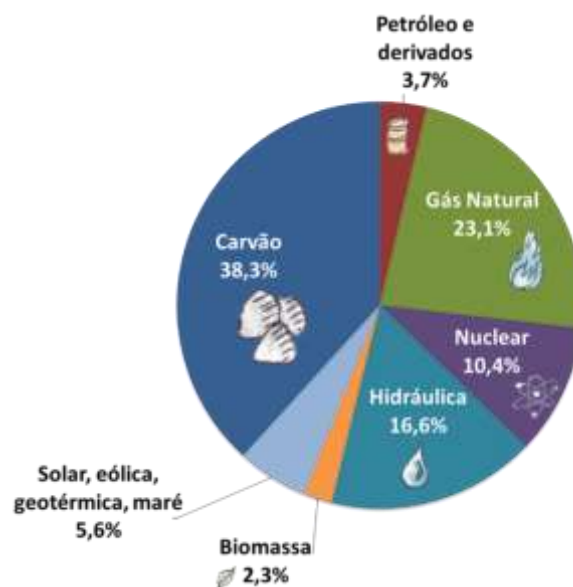
Graças a eletricidade conseguimos evoluir muito ao longo dos anos, até que chegamos ao ponto de ser indispensável em nossa vida, seja no que for, desde iluminação, eletrodomésticos, sinalizações, lazer, segurança, entre outros.

Com isso, aumentamos drasticamente o consumo de energia elétrica, e isso não é algo ruim. De acordo com a Escala de Kardashev(1964), a principal maneira de medir o quão desenvolvida ou avançada tecnologicamente uma civilização é, é medir quanta energia ela é capaz de usar. E criamos vários métodos de produção de energia, mas infelizmente muitos desses meios, e principalmente, os mais utilizados fazem muito mal ao meio ambiente, isso a longo prazo começa a prejudicar os ecossistemas, principalmente combustíveis fósseis devido a produção de gases poluentes.

Combustíveis como carvão, petróleo e gás natural não duram para sempre, e estão estimados para acabar até o fim do século. É necessário buscar substitutos em suas demandas para nosso sustento energético.

Nosso consumo de energia elétrica constitui de 65,1% de fontes não renováveis e que irão acabar, e somente de 24,5% de energias renováveis como mostra no gráfico 1

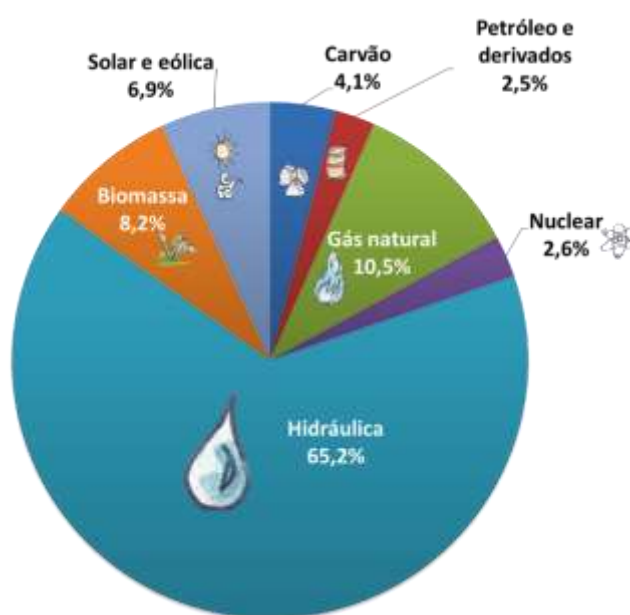
Figura 1 - Matriz Elétrica Mundial 2016.



Fonte: IEA (International Ergonomics Association), 2018.

No Brasil, existe uma maior utilização de energias renováveis do que com energias não renováveis, vindas principalmente das hidrelétricas. Mas a nossa maior dependência nas hidrelétricas – 65,2% como mostra no Figura 2 – não é confiável para as necessidades futuras necessidades do país e as vezes prejudicial para as necessidades atuais. Atualmente, quando os reservatórios estão com baixa o nível, as termoelétricas (petróleo e derivados) passam a gerar energia para suprir a falta do setor hidroelétrico, tornando mais caro a produção de energia.

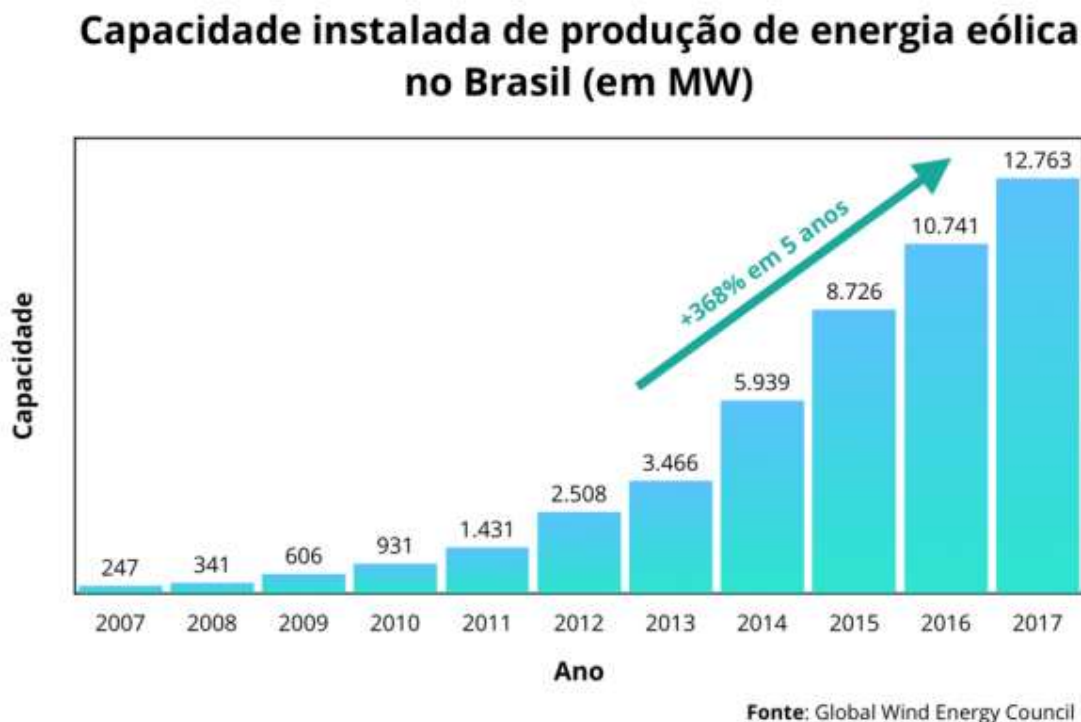
Figura 2 - Matriz Elétrica do Brasil 2016.



Fonte: BEN (Balanço Energético Nacional), 2018.

A energia eólica é produzida através de grandes turbinas equipadas com hélices onde, produzem campo magnético através de seu movimento com o vento girando as hélices. De acordo com a ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica - o Brasil tem capacidade de gerar mais de 500 gigas watts e em 2018 chegou a oitava posição na avaliação da capacidade instalada de produção de energia eólica de acordo com o *Global Wind Energy Council* – Conselho Global de Energia Eólica – como mostrado na figura 3 a seguir:

Figura 3 - Capacidade Instalada de Produção de Energia Eólica no Brasil (em MW).



Fonte: *Global Wind Energy Council*.

Normalmente, são desenvolvidos em grandes campos com aerogeradores que podem chegar até duzentos e vinte metros de altura, com hélices de oitenta metros de comprimento e por volta de cinco de diâmetro, esses são os aerogeradores de grande porte com produções acima de 300 kW. Mas também existem de tamanhos médio e pequeno. O médio chega a produzir de 101 kW até 300 kW, e os de pequeno porte podem ter de cinco a quarenta metros para consumo residencial e produzir de 0,1 kW até 100 kW.

O procedimento de instalação é do mesmo jeito de painéis solares, é necessário apresentar um projeto à distribuidora de energia elétrica local e se for aprovado, fazer o financiamento de todo o equipamento e material para a instalação.

O problema dessas instalações residenciais é a dependência da circulação de vento na área sempre, poluição sonora e preço total dos materiais e instalação que varia de 5 mil reais a 70 mil reais.

Então é necessário fazer a análise para saber se realmente vale a pena um investimento desses em tal local, e com base nisso esse projeto está sendo desenvolvido. Com a criação desse projeto simples é possível o otimizar a produção

elétrica na instalação de energia eólica, visando a coleta de dados para uma análise completa e de baixo custo.

Sua análise ficará armazenada na web enquanto conectada à internet, então é exibido uma tabela de correntes, tensões e potências de determinados horários.

Nos próximos capítulos serão tratados sobre alguns conceitos de geração eólica, os materiais e componentes utilizados para a aplicação desse projeto, e mostrar os resultados do próprio finalizando com a conclusão.

2. GERAÇÃO EÓLICA (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA)

Desde os grandes campos eólicos, como os Lagoa I, Lagoa II e Canoas, localizados próximo a cidade de Santa Luzia e Junco do Seridó, até os pequenos geradores residenciais, a energia eólica apresenta grande importância, é uma evolução para sair de energias não renováveis para algo mais sustentável e possivelmente com maior potência energético. Neste capítulo veremos sobre suas vantagens e desvantagens em relação a energia solar e sobre os tipos de aerogeradores que existem.

2.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM RELAÇÃO A ENERGIA SOLAR

Ambas são energias limpas e focadas para um bom futuro com a natureza e de grande potencial de energia, então para identificarmos as situações em que devem ser usadas, vamos ver algumas vantagens e desvantagens de cada uma.

- A eletricidade gerada por fonte solar sempre produz uma corrente contínua (CC), tendo que ser ligado a um inversor para que se torne corrente alternada (CA) e liberada para rede elétrica. Já a gerada por fonte eólica, sempre produz corrente alternada, podendo ser ligada diretamente na rede elétrica dependendo se sua fabricação for adaptada para os 60Hz de rede que é a norma brasileira.
- A área ocupada pelos aerogeradores é muito maior do que um campo fotovoltaico. Para termos uma ideia, o complexo eólico de Osório produz até 300 MW e ocupa uma área de 130 km², enquanto o maior parque solar da América Latina se encontra no Piauí e produz 475 MW ocupando 6,9 km². Mas ainda assim apresenta uma vantagem de não necessitar da presença do sol, que dura em média oito horas diárias por ano.
- Os geradores eólicos no Brasil operam em baixa velocidade, trazendo benefícios de rendimento maior por conta de sua limitação a velocidades altas, diminuindo o ruído produzido e ajudando a circulação de pássaros no local.
- Voltando ao complexo de Osório, foi gasto R\$ 4,46 milhões por MW instalado. Enquanto no parque solar do Piauí R\$ 3,4 milhões por MW.

2.2 TIPOS DE AEROGERADORES

Existem vários tipos diferentes de geradores eólicos, não somente o tradicional rotor de três pás horizontal – figura 4 – mas normalmente são os mais utilizados esses por serem mais baratos e bem eficientes para grandes áreas abertas.

Figura 4 - Aerogerador horizontal de três pás.



Fonte: Site Cresesb (centro de referências para as energias solar e eólica Sérgio de S. Brito), 2019

Os rotores verticais são mais utilizados para locais urbanos, com finalidade residencial. Alguns exemplos deles são os: “Rotor Savonius” – figura 5 - que quase não faz barulho, precisa de pouco vento para trabalhar mas gera uma potência baixa; “Rotor H-Darrieus” – figura 6 - que também é muito silencioso e produz uma potencia mais alta porém é mais caro.

Figura 5 - Rotor Savonius.



Fonte: Site Quora (2019).

Figura 6 - Rotor H-Darrieus.



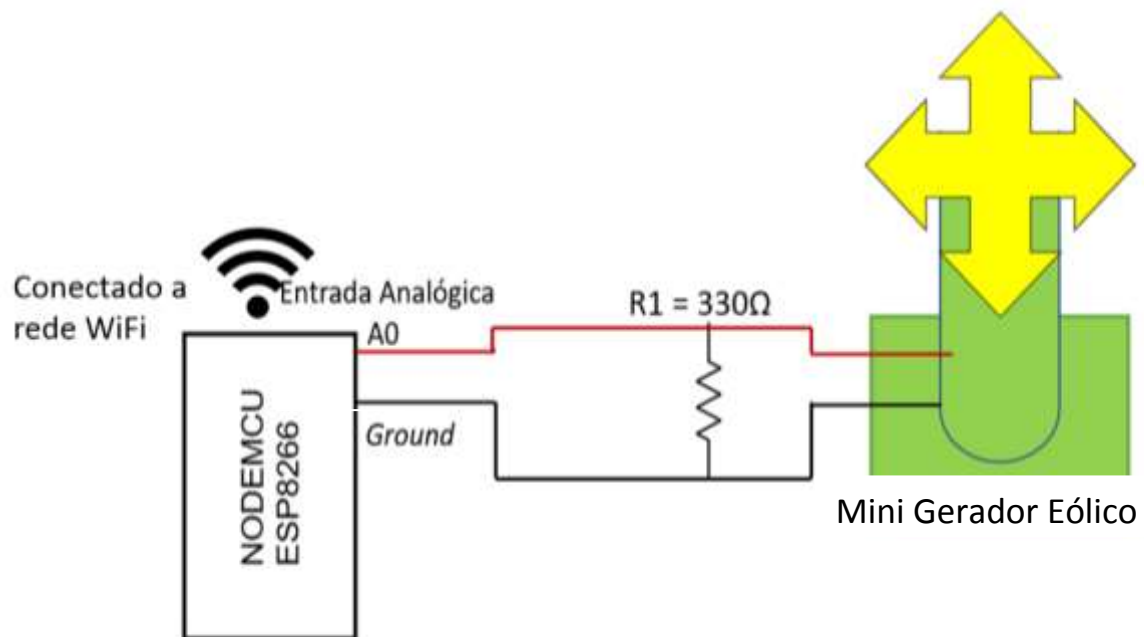
Fonte: Site energiaeolica1101 (2019).

3. MATERIAIS E COMPONENTES

Para a implementação do dispositivo, utilizamos o módulo microcontrolador NodeMCU V2 LOLIN WIFI ESP8266 ESP-12E - como o cérebro do projeto -, no qual medirá a tensão *DC* produzida pelo mini gerador sobre uma carga de 330Ω . A partir da tensão é calculado e exibido o valor da corrente e o da potência exibindo também a data e hora da leitura. Para ser obtido a data e hora é realizado um sincronismo, em tempos predeterminados, a um servidor NTP.

3.1 ESQUEMA DO CIRCUITO

Figura 7 - Esquemático do circuito do projeto.



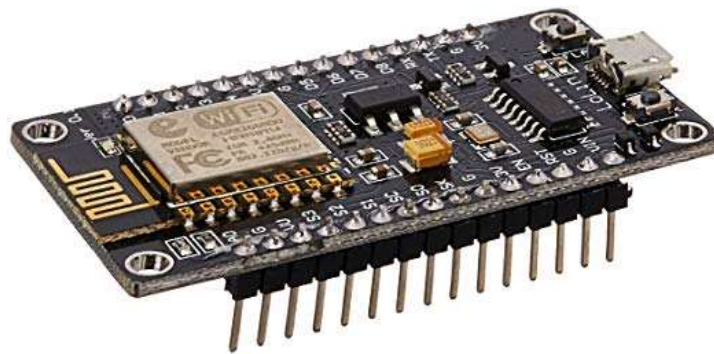
Fonte: Autoria Própria.

A entrada analógica é ligada no terminal do resistor que também é conectado o mini gerador, enquanto o outro terminal é ligado ao *ground* do microcontrolador.

3.2 NODEMCU V3 LOLIN WIFI ESP8266 ESP-12E

O ESP8266 NodeMCU é um módulo microcontrolador, ou seja, um computador programável através de um chip com entradas e saídas de informações capazes de diversas aplicações na área de controle e automação. Confira a seguir na figura 4, o microcontrolador.

Figura 8 - ESP8266 NodeMCU.



Fonte: Site Amazon.

ESP8266 NodeMCU é um módulo que junta a pequena placa ESP-12E *WiFi*, deixando seu trabalho mais fácil e dinâmico graças a seu design a favorecer no uso principalmente por sua conexão ser USB - *Universal Serial Bus* – e todos os circuitos necessários para o bom funcionamento de um ESP-12E: regulador de tensão, leds indicadores, botões de controle (Reset e Flash) e barramentos de pinos para permitir o uso em Protoboards, como pode ser visto na figura 4 acima.

Sua escolha é justificada pela sua fácil comunicação através de uma interface Serial-USB, a programação que pode utilizar a própria programação do ESP que é na IDE - Ambiente de desenvolvimento integrado – *LUA*, ou *Arduino*. Pelo conhecimento que obtive com *Arduino* ao longo dos anos, escolhi programa-lo utilizando tal IDE aumentando a facilidade de desenvolvimento. E acima disso tudo, a sua escolha foi devido a sua integridade de conexão *WiFi* para livre uso sem necessidade de outros periféricos.

Ele atua como o cérebro no projeto, recebendo as informações geradas pelo gerador eólico e enviando para uma página *web* a cada tempo que for configurado.

Por exemplo, nesse projeto foi usado para que enviasse para a *web* a tensão, corrente e potência lida do gerador a cada quinze minutos.

O preço médio do módulo é de R\$: 35,00, que é uma de suas vantagens; além do baixo preço, essa placa é bem pequena 5 x 3 x 0,7 cm sendo possível aplicação em vários lugares com bom acoplamento.

3.3 MOTOR DC COMO MINI GERADOR EÓLICO

A participação do motor DC – motor de corrente contínua – de 5,5V é no mini gerador eólico. Seu modelo específico é o FB55. Para a geração de eletricidade, o eixo é ligado às pás e seu corpo encapsulado pela estrutura cilíndrica feita em impressora 3D, vemos isso na foto 1.

Figura 9 - Motor DC do minigerador eólico.



Fonte: Autoria Própria.

Esse pequeno motor pode gerar até 5,5V de tensão normalmente, mas pode alcançar até 8V em picos e sua corrente pode variar entre 1mA e alguns Amperes dependendo de sua rotação (Usina Info, 2019)

Quando o vento gira as pás a energia cinética do vento é transformada em energia mecânica que logo após isso, baseado no fenômeno da indução eletromagnética o gerador de corrente contínua, funciona convertendo a tal energia

mecânica contida na rotação do eixo em intensidade de um campo magnético produzido por um ímã, o girar do rotor induz uma tensão nos terminais dos enrolamentos, que ao conectar em cargas – parte chave do circuito, no nosso caso é ligado ao resistor para ser feita a leitura pelo microcontrolador – Levam a circulação de correntes elétricas.

O preço do gerador, que veio com as pás foi de R\$: 44,56. Já a base foi produzida em impressora 3D.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO DE TENSÃO CORRENTE E POTÊNCIA

A ideia inicial para o projeto era utilizar para a leitura da tensão e corrente os módulos sensores “Módulo sensor de tensão 0-25V” e “Módulo sensor de corrente ACS712”, mas apresentaram inviabilidade.

A tensão do gerador onde foi instalado raramente passava de 2V, então a leitura poderia ser feita sem problemas diretamente no microcontrolador. Já quanto a corrente, o ACS712 possui problemas em leituras de correntes abaixo de 2A, e poucas vezes chegava a esse valor, então não era nada viável.

No lugar dos sensores a leitura está sendo feita ligando a porta analógica do ESP8266 NodeMCU – que não causa problema pela impedância da entrada tender ao infinito – na entrada de tensão do gerador eólico no resistor, e seu *ground* no próprio do microcontrolador, fazendo então a leitura da tensão. Para ao cálculo da corrente, foi utilizada a lei de ohm:

$V = R \times I$	(1)
------------------	-----

A lei de Ohm diz que todos os materiais sujeitos a uma diferença de potencial apresentam uma resistência de valor constante à passagem da corrente elétrica. Assim, com a resistência dentro um valor constante – nosso resistor de 330Ω - a corrente elétrica cresce proporcionalmente com a tensão.

Para calcular as potências estamos usando a equação da potência elétrica em um circuito CC:

$P = \frac{V^2}{330\Omega}$	(2)
-----------------------------	-----

3.5 PROTOCOLO NTP

O NTP – *Network Time Protocol* - é um protocolo que permite a sincronização de relógios em tempo real para dispositivos conectados a rede. Tem grande precisão e por ser totalmente conectado via software, não possui o risco de se atrasar ou adiantar.

A utilização dele no projeto se deve a captura da hora exata com a leitura. Quando é feita a leitura e exibida no tempo programado – no caso do projeto a cada quinze minutos – além de exibir a tensão, corrente e potência, mostra também a hora em que foi efetuado suas leituras.

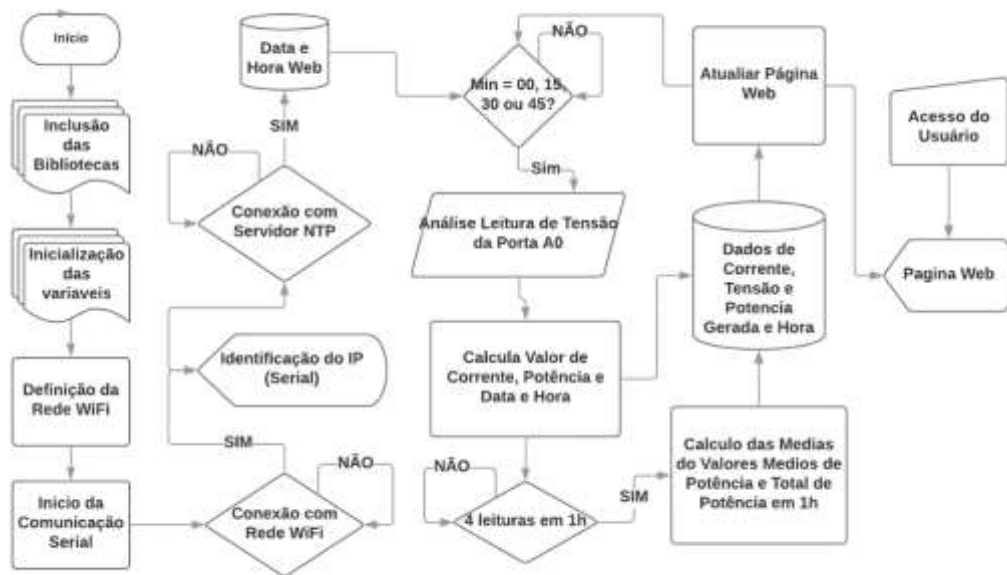
E outra grande vantagem é por ser ligado direto na internet, sem necessidade do uso de baterias como RTC (*Real-time Clock*).

3.6 PROGRAMAÇÃO

Agora será abordado as principais características da programação desenvolvida para o micro controlador LOLIN ESP 8266 12E (Figura xx), para a implementação, foi adotado a ferramenta do Arduino IDE versão 1.8.8. Para o projeto foi necessário, inicialmente, a inclusão das seguintes bibliotecas: TimeLib.h (acessar o servido de hora - NTP), ESP8266WiFi.h (conectar a ESP8266), ESP8266HTTPClient.h (criar a página em HTML), WiFiClient.h (WiFi) e WiFiUDP.h (comunicação pelo protocolo UDP).

Em seguida foi definido as diversas variáveis para o programa, dentre elas as variáveis tipo *float* para os cálculos de tensão, corrente, potência e valores médios de potência gerada. Também, foi declarado do tipo *char* e *String* para armazenamentos de palavras, como data e hora, *link* do servidor NTP, SSID e senha da rede WiFi e do tipo *Int* para contadores.

Figura 10 - Fluxograma da programação desenvolvida para o projeto



Após iniciada a conexão com o roteador WiFi, o microcontrolador se comunica pela porta serial para imprimir o IP designado para ele. Este IP, será utilizado para qualquer dispositivo, conectado na mesma rede, se conectar com o microcontrolador para visualizar a página web (Computador ou *Smartphone*). Ao mesmo tempo, o microcontrolador se conecta ao servidor NTP (us.pool.ntp.org) e acessa o banco de dados, deste servidor, para sincronização de data e hora.

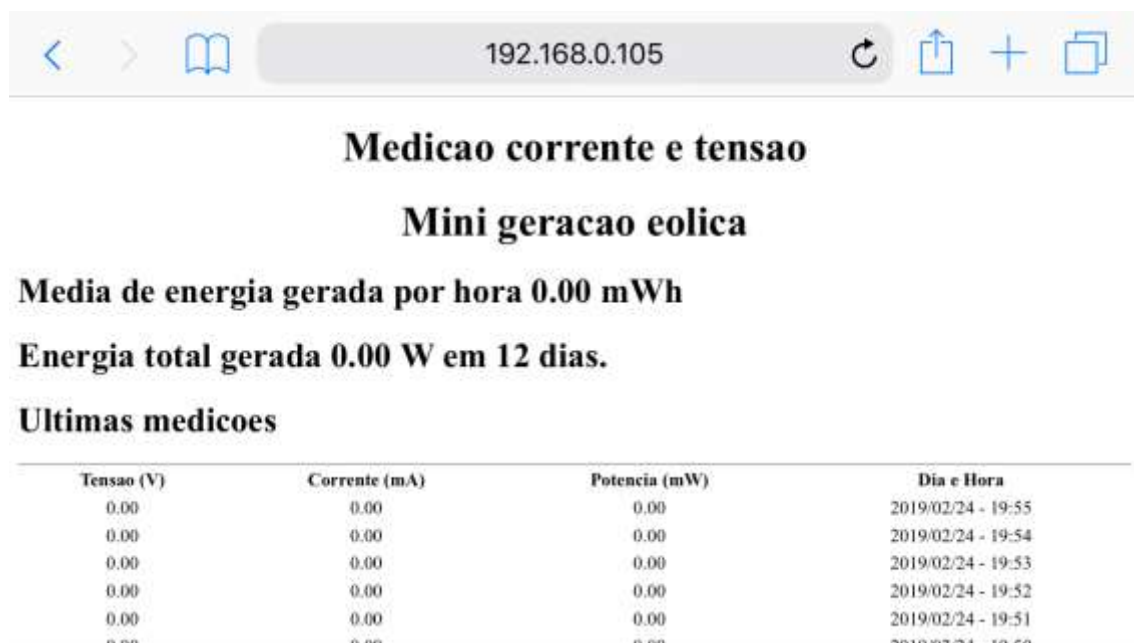
A coleta dos dados ocorre em horários predefinidos, sendo toda vez que os minutos forem iguais a 00 min, 15 min, 30 min e 45 min, totalizando 4 leituras por hora. Quando se inicia, o processo, efetua a leitura da porta A0 (entrada analógica) do microcontrolador, em seguida efetua um conjunto de cálculos para determinar a corrente e potência gerada no momento. Os valores são armazenados em vetores já com registro da data e hora que foi efetuada a leitura da porta A0.

Após 1 h de medição (4 medidas), são efetuados os cálculos da média de potência gerada pelo gerador eólico em uma 1 h. Primeiramente, é calculado a média de potência gerada naquela hora, para, em seguida, calcular a média geral total para 1 h, durante toda tempo de análise. Com esse valor armazenado no banco de dados local, é calculado, também, a potência total gerada utilizado como essa referência.

Com todos os valores armazenados os dados, a página web desenvolvida em linguagem HTML, é atualizada com todas informações para a análise, ver figura 10. Na página é possível localizar as informações da média gerada por hora, a energia total gerada e a quantidade de dias que foram efetuadas as análises, também apresenta uma tabela com os dados das últimas 40 leituras realizadas.

Ao fim desse procedimento, o algoritmo volta a aguardar o tempo predefinido para iniciar um novo processo de leitura. É importante salientar, que o microcontrolador não entra em modo de economia de energia, para que a página web seja sempre disponibilizada para acesso. Caso o dispositivo entra-se em modo de economia de energia, o acesso a página só seria efetuado em tempos predefinidos.

Figura 11 - Página da web criada em HTML.



Tensao (V)	Corrente (mA)	Potencia (mW)	Dia e Hora
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:55
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:54
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:53
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:52
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:51
0.00	0.00	0.00	2019/02/24 - 19:50

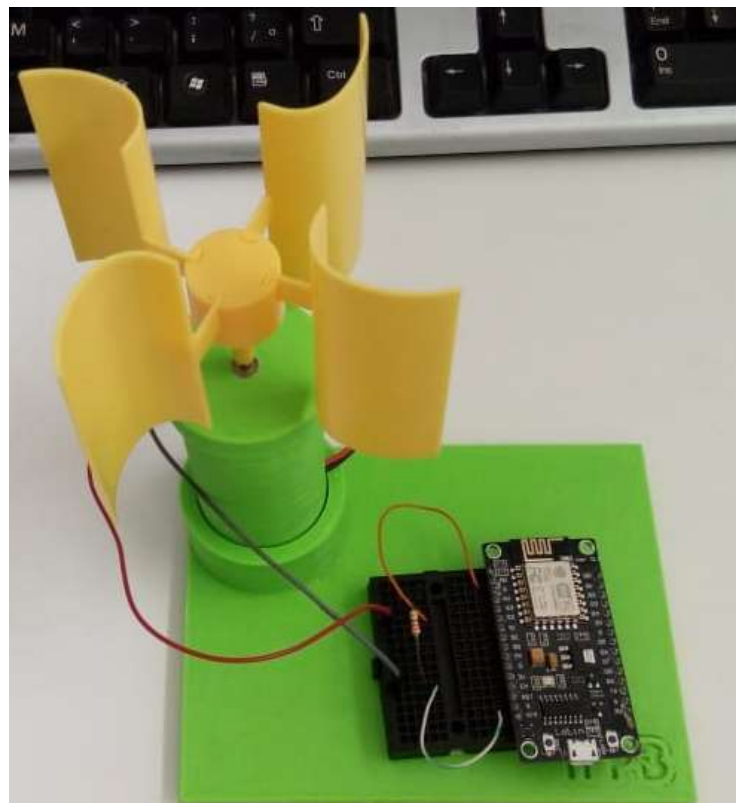
Fonte: Autoria Própria.

Próximo capítulo apresentaremos sobre os resultados alcançados após todos os procedimentos corretos, exibindo fotos da tabela com a leitura por algumas horas e do circuito montado.

4. RESULTADOS

Após a montagem do circuito com o mini gerador eólico (foto 2) e compilada a programação no microcontrolador, apresentou resultados positivos diferente de quando feito o uso de sensores.

Figura 12 - Montagem completa.



Fonte: Autoria Própria.

E por final, a tabela foi perfeitamente cumprida (figura 11) com resultados a cada quinze minutos no período de 00:15 até 8:45 da manhã alocado acima do muro de minha residência.

Durante a fase de testes para poupar tempo e fazer seus ajustes com maior precisão, o dispositivo foi programado para exibir o resultado a cada minuto, e algumas vezes com o auxílio de uma fonte DC enquanto não houvesse disponibilidade de vento.

Um pequeno erro na tabela é a exibição do texto “Energia total gerada 00.2W...”, por ser unidade de energia alimentando a carga por unidade de tempo.

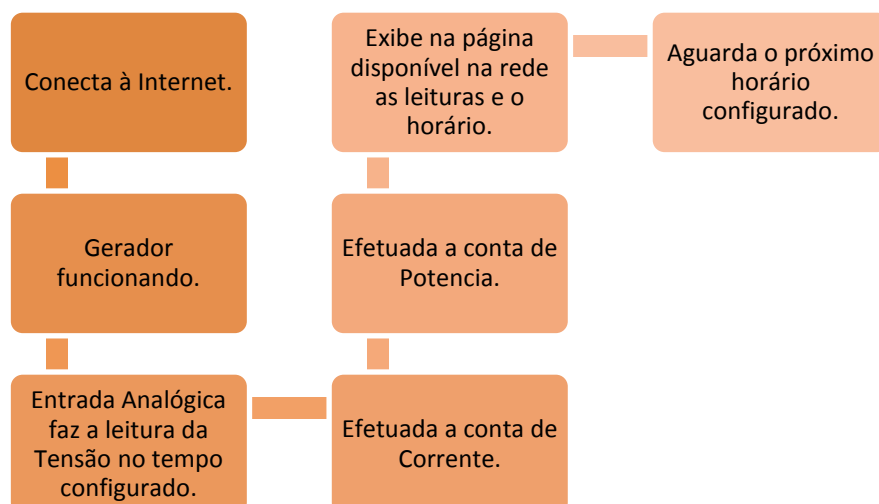
Figura 13 - Tabela de medição na página web.

Medicao corrente e tensao			
Mini geracao eolica			
Media de energia gerada por hora 7.24 mWh			
Energia total gerada 0.22 W em 2 dias.			
Ultimas medicoes			
Tensao (V)	Corrente (mA)	Potencia (mW)	Dia e Hora
1.31	3.97	5.20	2019/02/27 - 08:45
1.67	5.06	8.46	2019/02/27 - 08:30
1.81	5.47	9.89	2019/02/27 - 08:15
1.43	4.32	6.16	2019/02/27 - 08:00
1.42	4.30	6.10	2019/02/27 - 07:45
1.67	5.05	8.43	2019/02/27 - 07:30
1.36	4.13	5.64	2019/02/27 - 07:15
1.61	4.88	7.85	2019/02/27 - 07:00
1.57	4.75	7.45	2019/02/27 - 06:45
1.62	4.90	7.91	2019/02/27 - 06:30
1.56	4.73	7.39	2019/02/27 - 06:15
1.26	3.82	4.82	2019/02/27 - 06:00
1.65	5.01	8.30	2019/02/27 - 05:45
1.59	4.56	6.85	2019/02/27 - 05:30
1.71	5.17	8.82	2019/02/27 - 05:15
1.43	4.32	6.16	2019/02/27 - 05:00
1.23	3.72	4.58	2019/02/27 - 04:45
1.62	4.91	7.95	2019/02/27 - 04:30
1.54	4.67	7.20	2019/02/27 - 04:15
1.58	4.78	7.54	2019/02/27 - 04:00
1.46	4.42	6.44	2019/02/27 - 03:45
1.74	5.26	9.13	2019/02/27 - 03:30
1.70	5.16	8.79	2019/02/27 - 03:15
1.53	4.63	7.08	2019/02/27 - 03:00
1.43	4.32	6.16	2019/02/27 - 02:45
1.64	4.96	8.11	2019/02/27 - 02:30
1.40	4.24	5.94	2019/02/27 - 02:15
1.45	4.41	6.41	2019/02/27 - 02:00
1.35	4.71	7.33	2019/02/27 - 01:45
1.44	4.36	6.27	2019/02/27 - 01:30
1.36	4.13	5.62	2019/02/27 - 01:15
1.68	5.10	8.59	2019/02/27 - 01:00
1.63	4.95	8.07	2019/02/27 - 00:45
1.35	4.08	5.48	2019/02/27 - 00:30
1.61	4.89	7.88	2019/02/27 - 00:15

Fonte: Autoria Própria

Então o dispositivo funciona da seguinte forma:

Figura 14 - Fluxograma de funcionamento.



5. CONCLUSÕES

Então após as tentativas com sensores de tensão e corrente sem sucesso, o dispositivo de análise foi configurado sem sensores, somente com o módulo microcontrolador NodeMCU V3 Lolin WiFi ESP8266 ESP-12E e o aerogerador foi possível a aplicação necessária.

Ao longo do trabalho apareceram diversas dificuldades, erros na programação do microcontrolador pela falta de conhecimento do dispositivo e sua integração à IDE Arduino; outra dificuldade também foi com o *driver* de identificação do microcontrolador, já que na instituição não estão instalados e nem foi possível instalá-lo nos laboratórios.

Em compensação, as respostas do trabalho foram bem executadas, e aos poucos tudo foi se encaixando perfeitamente e dando resultados como foi visto no capítulo anterior. Os conhecimentos adquiridos no curso foram de essencial participação para a execução do projeto, desde aulas com procedimentos analógicas, digitais e sobre microcontroladores.

Enfim com a conclusão do trabalho, venho trazer propostas para uma possível continuação desse trabalho, como a mesma aplicação de comunicação via internet, mas para o monitoramento de um painel solar, para a discussão sobre qual o mais vantajoso; adicionar em um banco de dados em nuvem adquirindo segurança de acesso; e fazer o sistema ser autossuficiente, gerando sua própria energia.

6. APÊNDICE A – CODIGO FONTE ARDUINO IDE

```
#include <TimeLib.h>

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <ESP8266WiFiMulti.h>

#include <ESP8266HTTPClient.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <WiFiUDP.h>

ESP8266WiFiMulti WiFiMulti;

static const char ntpServerName[] = "us.pool.ntp.org";

const int timeZone = -3;

WiFiUDP Udp;

unsigned int localPort = 8888;

time_t getNtpTime();

void digitalClockDisplay();

void printDigits(int digits);

void sendNTPpacket(IPAddress &address);


int jj=0;

int ii=0;

int ihora=0;

int imediainicial=0;

const int tvetor=100;

int tempminu=61;

int tempdia=40;

int temphora=30;

int ndias=0;

int nhoras=0;

int analog_value=0;
```

```

int resistencia=330;

float tensao = 0;

float corrente=0;

float potencia=0;

float medpot=0;

float pottotal=0;

float pottotalhora=0;

float medpottotalhora=0;

float vtensao[tvetor]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};

float vcorrente[tvetor]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};

float vpotencia[tvetor]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};

String datehour[tvetor]={"00","11","22","33","44","55","66","77","88","99"};

```

```

WiFiServer server(80);

const char* ssid = "SSID";

const char* password = "PASSWORD";

```

```

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

  delay(10);

  Serial.println();

  Serial.print("Connecting to ");

  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");

  Serial.println("WiFi connected");
}

```

```

server.begin();

Serial.println("Web server running. Waiting for the ESP IP...");

delay(10000);

Serial.println(WiFi.localIP());

Serial.println("Starting UDP");

Udp.begin(localPort);

Serial.print("Local port: ");

Serial.println(Udp.localPort());

Serial.println("waiting for sync");

setSyncProvider(getNtpTime);

setSyncInterval(300);
}

void loop() {

  if(tempminu!=minute() && (minute()==0 || minute()==15 || minute()==30 || minute()==45)){

    tempminu=minute();

    Serial.println(tempminu);

    analog_value = analogRead(A0);

    tensao=3.3*(analog_value)/1023;

    corrente=(tensao/resistencia)*1000;

    potencia=(tensao*tensao/resistencia)*1000;

    String ano=String(year());

    String mes=String(month());

    String dia=String(day());

    if(month()<10){ mes=String("0"+mes); }

    if(day()<10){ dia=String("0"+dia); }

    String hora=String(hour());

    String minu=String(minute());

    if(hour()<10){ hora=String("0"+hora);}

    if(minute()<10){ minu=String("0"+minu);}

    String dataehora=String(ano+"/"+mes+"/"+dia+ " - "+hora+": "+minu);
  }
}

```

```

int ii=tveter-1;
while(ii>0){
    int iii=ii-1;
    vtensao[ii]=vtensao[iii];
    vcorrente[ii]=vcorrente[iii];
    vpotencia[ii]=vpotencia[iii];
    datehour[ii]=datehour[iii];
    ii=ii-1;
}
vtensao[0]=tensao;
vcorrente[0]=corrente;
vpotencia[0]=potencia;
datehour[0]=dataehora;

ihora++;
if (ihora<4){ pottotal=pottotal+(potencia); }
if(ihora==4 && imediainicial==0){
    ihora=0;
    medpottotalhora=(pottotal+(potencia))/4;
    pottotal=0;
    medpot=medpottotalhora;
    pottotalhora=medpottotalhora/1000;
    imediainicial=mediainicial+1;
}
if(ihora==4 && imediainicial!=0) {
    ihora=0;
    medpottotalhora=(pottotal+(potencia))/4;
    pottotal=0;
    medpot=(medpot+medpottotalhora)/2;
}

```



```

    pottotalhora=(pottotalhora+medpottotalhora/1000);
}
}
if(tempdia!=day()){
    ndias=ndias+1;
    tempdia=day();
}
WiFiClient client = server.available();
if (client) {
    Serial.println("New client");
    boolean blank_line = true;
    while (client.connected()) {
        if (client.available()) {
            char c = client.read();
            if (blank_line) {
                analog_value = analogRead(2);
                tensao=3.3*(analog_value)/1023;
                corrente=tensao;
            }
            client.println("HTTP/1.1 200 OK");
            client.println("Content-Type: text/html");
            client.println("Connection: close");
            client.println();
            client.println("<!DOCTYPE HTML>");
            client.println("<html>");
            client.println("<head></head><body><h1 align='center'>Medicao corrente e tensao </h1><h1 align='center'>Mini geracao eolica</h1>");
            client.println("<h2>Media de energia gerada por hora");
            client.println(medpot);
            client.println(" mWh</h2><h2>Energia total gerada");

```

```

    client.println(pottotalhora);

    client.println("W em ");

    client.println(ndias);

    client.println(" dias.</h2>");

    client.println("<h2>Ultimas medicoes</h2>");

    client.println("<table style='width:100%' frame='hsides'>");

    client.println("<tr align='center'><th>Tensao (V)</th><th>Corrente (mA)</th><th>Potencia  
(mW)</th><th>Dia e Hora</th></tr>");

    while (jj<tveter){

        client.println("<tr align='center'><td>");

        client.println(vtensao[jj]);

        client.println("</td><td>");

        client.println(vcorrente[jj]);

        client.println("</td><td>");

        client.println(vpotencia[jj]);

        client.println("</td><td>");

        client.println(datehour[jj]);

        client.println("</td></tr>");

        jj=jj+1;

    }

//    }

    client.println("</table>");

    client.println("</body></html>");

    break;

}

}

delay(1);

client.stop();

Serial.println("Client disconnected.");

```

```

    jj=0;
}
}

const int NTP_PACKET_SIZE = 48;

byte packetBuffer[NTP_PACKET_SIZE];

time_t getNtpTime()
{
    IPAddress ntpServerIP;

    while (Udp.parsePacket() > 0) ;

    Serial.println("Transmit NTP Request");

    WiFi.hostByName(ntpServerName, ntpServerIP);

    Serial.print(ntpServerName);

    Serial.print(": ");

    Serial.println(ntpServerIP);

    sendNTPpacket(ntpServerIP);

    uint32_t beginWait = millis();

    while (millis() - beginWait < 1500) {

        int size = Udp.parsePacket();

        if (size >= NTP_PACKET_SIZE) {

            Serial.println("Receive NTP Response");

            Udp.read(packetBuffer, NTP_PACKET_SIZE);

            unsigned long secsSince1900;

            secsSince1900 = (unsigned long)packetBuffer[40] << 24;

            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[41] << 16;

            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[42] << 8;

            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[43];

            return secsSince1900 - 2208988800UL + timeZone * SECS_PER_HOUR;

        }

    }

    Serial.println("No NTP Response :-(");

```

```
    return 0;
}

void sendNTPpacket(IPAddress &address)
{
    memset(packetBuffer, 0, NTP_PACKET_SIZE);
    packetBuffer[0] = 0b11100011;
    packetBuffer[1] = 0;
    packetBuffer[2] = 6;
    packetBuffer[3] = 0xEC;
    packetBuffer[12] = 49;
    packetBuffer[13] = 0x4E;
    packetBuffer[14] = 49;
    packetBuffer[15] = 52;
    Udp.beginPacket(address, 123);
    Udp.write(packetBuffer, NTP_PACKET_SIZE);
    Udp.endPacket();
}
```

7. REFERÊNCIAS

ZAPAROLLI, Domingos. **Ventos Promissores a Caminho**. 275. São Paulo: Pesquisa Fapesp, 2019. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2019/01/10/ventos-promissores-a-caminho/>. Acesso em: 31 jan. 2019

Mini Gerador de Energia Eólico 5.5V 100mA. Usina Info, 2019. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/mini-geradores-de-energia/mini-gerador-de-energia-eolico-55v-100ma-5257.html>. Acesso em 31 jan. 2019

DIANA, Juliana. **Energia Eólica**. Toda Matéria, 2018. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/energia-eolica/>. Acesso em: 8 fev. 2019.

ROCHA, Jennifer. **Energia Limpa**. Mundo Educação, 2018. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/energia-limpa.htm>. Acesso em: 9 fev. 2019.

CALIXTO, Bruno. **Energia Eólica decola no Brasil; solar continua engatinhando**. Época, 2016. Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2016/04/energia-eolica-decola-no-brasil-solar-continua-engatinhando.html>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Brasil atinge oitavo lugar no ranking mundial de energia eólica. Clube de Engenharia, 2018. Disponível em: <http://portalclubedeengenharia.org.br/2018/03/27/brasil-atinge-oitavo-lugar-no-ranking-mundial-de-energia-eolica/> Acesso em 10 fev. 2019.

MORAIS, José. **Protocolo de tempo NTP com ESP**. Portal Vida de Silício, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/protocolo-de-tempo-ntp-esp>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Matriz Energética e Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 15 fev. 2019.

Energia eólica residencial, quanto custa?. 2 Quartos. Disponível em:

<<https://www.2quartos.com/energia-eolica-residencial-quanto-custa/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SANTANA, Lucas. **Energia Solar e Eólica: Preço, Diferenças e Melhores Locais.** Blog Blue Sol, 2017. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-e-eolica/>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

ARAUJO, Thais e NASCIMENTO, André. **Maior parque solar da América Latina é inaugurado no Piauí.** 2. Piauí: G1 Globo, 2017. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/maior-parque-solar-da-america-latina-e-inaugurado-no-piaui.ghtml>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

ROSA, Mayra. **Piauí inicia a construção do maior parque solar da América do Sul.** Ciclo Vivo, 2018. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/piaui-inicia-a-construcao-do-maior-parque-solar-da-america-do-sul/>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

KOYANAGI, Fernando. **NodeMCU ESP8266: Detalhes e Pinagem.** FernandoK, 2018. Disponível em: <<https://www.fernandok.com/2018/05/nodemcu-esp8266-detahes-e-pinagem.html>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

BARRAGAN, Mafe. **Tipos de aerogeradores.** Energia eólica 1101, 2015. Disponível em: <<http://energiaeolica1101.blogspot.com/2015/03/tipos-de-aerogenadores.html>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

Tipos de aerogeradores para geração de energia elétrica. CRESESB, 2008.

Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231>. Acesso em: 20 fev. 2019.

SCHEIDT, Paula. **Como faço para ter energia eólica em minha casa.** Instituto Ideal. Disponível em: <<http://institutoideal.org/guiaeolica/>>. Acesso em 20 fev. 2019.