



Ministério da Educação  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas  
Departamento de Engenharia de Controle e  
Automação e Técnicas Fundamentais



# **SERVIDOR WEB PARA MONITORAMENTO DE CORRENTE, TEMPERATURA E UMIDADE EM MÁQUINAS ELÉTRICAS**

RAPHAEL BARBOSA REIS

Ouro Preto MG  
2019

RAPHAEL BARBOSA REIS

# **SERVIDOR WEB PARA MONITORAMENTO DE CORRENTE, TEMPERATURA E UMIDADE EM MÁQUINAS ELÉTRICAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau em Bacharel de Engenharia de Controle e Automação.

**Orientador:** Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Ouro Preto - MG  
Agosto de 2019

R375s

Reis , Raphael Barbosa .

Servidor web para monitoramento de corrente, temperatura e umidade em máquinas elétricas. [manuscrito] / Raphael Barbosa Reis . - 2019.

50f.:

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Internet das Coisas (IoC). 2. Arduíno. 3. Servidor Web. 4. Automação industrial. 5. Acesso remoto. I. Palmieri, Karla Boaventura Pimenta. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

Monografia intitulada **SERVIDOR WEB PARA MONITORAMENTO DE CORRENTE, TEMPERATURA E UMIDADE EM MÁQUINAS ELÉTRICAS** defendida e aprovada, em 7 de Agosto de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



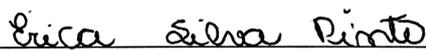
---

Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Orientadora



---

BSc Fernando dos Santos Alves Fernandes – Convidado



---

Engenheira Érica Silva Pinto

# Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, que sempre foram alicerces para minha formação e não mediram esforços para que eu conquistasse tudo que conquistei. Sem vocês nada disso seria possível!

A minha irmã, Bianca, que me enche de orgulho todos os dias e que faz o mundo parecer um lugar melhor. O mundo pelos olhos de uma criança é um lugar fantástico!

Aos meus avós, que foram pais em dobro. Em especial ao meu querido avô Tertuliano. Infelizmente, o Sr. não pode me ver chegando até aqui, mas onde estiver sei que está orgulhoso de mim. Nunca esquecerei suas lágrimas em minha despedida e a confiança e apoio que depositou em mim!

A Natália, minha flor, a pessoa mais fantástica que eu pude conhecer! Sem a sua presença, apoio, carinho e compreensão eu jamais conseguiria. Você é responsável diretamente por tudo isso. Mais que tudo, mais que todos...

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto, a Escola de Minas, e a todos os mestres e funcionários que contribuíram em minha formação, tanto profissional como social. Ao DECAT, a minha orientadora Karla e a todos os demais que me deram oportunidade de mostrar minha capacidade. Um grande abraço a turma de Automação 12.2, em especial ao Higor (Trinca), Luiza, Marco, Léo (Putão), Diego (Chad), Lucas (Tafarel), Luiz Henrique (Mão) e ao Denílson. Vocês foram fodas!

Agradeço a Usina de Laticínios Jussara, que abriu suas portas e confiou no meu trabalho. A todo o corpo de manutenção, em especial ao turno da tarde! *“Somos os mecânicos que a Jussara merece, mas não os que ela precisa agora!”*

E por fim, a querida República Olympo, meu lar em Ouro Preto! Minha eterna casa, mesmo tão longe! *“A grana é curta, mas a amizade é grande!”*

**A educação muda o mundo!**

*“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”*

*Isaac Newton*

# Resumo

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de servidor web para o monitoramento de corrente de máquinas elétricas, e de temperatura e umidade do ambiente em que essas trabalham, afim de evitar possíveis quebras por conta desses fatores. A aplicação se baseia no conceito de internet das coisas (IoT) e em tendências da indústria 4.0. A construção do hardware se dá a partir do uso do microcontrolador Arduino Uno; do Shield Ethernet W5100, que permite acesso da placa a internet e do uso de um roteador ADSL, para criar uma rede local (LAN). Para amostragem dos dados são utilizados o sensor de temperatura e umidade DHT11 e o sensor de corrente ACS712. O servidor web é programado utilizando a linguagem HTML e os valores acompanhados em tempo real, a partir de qualquer dispositivo conectado a rede com acesso a um navegador de internet. Após a implementação do sistema, sua utilização obteve bons resultados em comparação aos outros métodos de medida utilizados. A média das medidas aproxima-se muito dos valores reais e teóricos, e a média das diferenças entre os valores amostrados e o real foi baixa. Tais resultados possibilitam diversos trabalhos e melhorias futuras, seguindo tendências tecnológicas.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas (*IoT*), Arduino, Servidor Web, Automação Industrial, Acesso Remoto.

# Abstract

This project describes the development of a web server to monitor current of electric machines temperature and humidity of places at this machines works, in order to avoid possible damage. The application is based on internet of thing (IoT) and industry 4.0 trends. The hardware construction happen by using an Arduino board an Ethernet shield W5100 that makes the board connect to a local area network (LAN). This LAN is provided using an ADSL router. To sample data, a current sensor ACS712 was used with a humidity and temperature sensor DHT11. The web server was built using HTML language, and the data can be traced in real time using an internet browser on any device that had been connected in LAN. After finished, the Project got good results compared to others mensurement methods tha had been used. The average of the measures is to close of real and theoretical values , and the average of diferences between the sampled values and the real was low. This results make possible many future projects and improvements, fallowing the technological trends.

**Keywords:** Internet of Things (IoT), Arduino, Web Server, Industrial Automation, Remote Access.

# Lista de figuras

Figura 1 – Mapa da rede de teste TCP/IP em fevereiro de 1982. . . . .	14
Figura 2 – Usina de Laticínios Jussara - Sede em Patrocínio Paulista/SP. . . . .	17
Figura 3 – Arduino Uno. . . . .	20
Figura 4 – Microcontrolador ATmega328. . . . .	21
Figura 5 – Shield Ethernet W5100 . . . . .	22
Figura 6 – Efeito Hall . . . . .	23
Figura 7 – Sensor DHT11 . . . . .	23
Figura 8 – Código básico em HTML . . . . .	24
Figura 9 – Motor CC . . . . .	25
Figura 10 – Motor de indução . . . . .	27
Figura 11 – Motor síncrono . . . . .	28
Figura 12 – Função executar . . . . .	29
Figura 13 – Prompt de comando . . . . .	30
Figura 14 – Configurações do roteador . . . . .	31
Figura 15 – Padrões de rede Wireless B,G e N . . . . .	31
Figura 16 – Bibliotecas Arduino . . . . .	32
Figura 17 – Configurando o modelo da placa . . . . .	33
Figura 18 – Circuito do DHT11 . . . . .	34
Figura 19 – Circuito do ACS712 . . . . .	34
Figura 20 – Circuito do Shield Ethernet W5100 . . . . .	35
Figura 21 – Circuito Completo . . . . .	36
Figura 22 – Arquitetura do sistema . . . . .	37
Figura 23 – Página do Servidor Web . . . . .	40

# Lista de abreviaturas e siglas

ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
ADSL	Assymetrical Digital Subscriber Line
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
APAS	Associação Paulista de Supermercados
ARPA	Advanced Research Projects Agency
CECAU	Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
HTML	HyperText Markup Language
I/O	Input/Output
IDE	Interface Development
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPTO	Information Processing Techniques Office
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MAC	Media Access Control
NSF	National Science Foundation
PIB	Produto Interno Bruto
PoE	Power over Ethernet
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
SGML	Standard Generalized Markup Language
SRI	Stanford Research Institute

SSID	Service Set Identifier
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UHT	Ultra-High Temperature
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USB	Universal Serial Bus
WAN	Wide Area Network
Wifi	Wireless Fidelity

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações Iniciais . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Internet . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Internet das Coisas (IoT) . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Wireless . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Indústria de laticínios no Brasil . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1.1</b>	<b>Usina de Laticínios Jussara . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivos Específicos . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificativa . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Organização do Texto . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Microcontrolador Arduino . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Arduino Uno . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Shield Ethernet W5100 . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Sensor de corrente ACS712 . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Efeito Hall . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Sensor de temperatura e umidade DHT11 . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>HTML . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>2.6</b>	<b>O motor elétrico . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>2.6.1</b>	<b>O motor de corrente contínua . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>2.6.2</b>	<b>O motor de corrente alternada . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2.1</b>	<b>O motor trifásico assíncrono, ou motor de indução . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2.2</b>	<b>O motor síncrono . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>2.6.2.3</b>	<b>Outros Tipos De Motores . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Configuração da rede LAN . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Configuração do roteador TL-WR740N . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Configuração da IDE do Arduino . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Instalação das Bibliotecas . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Interfaceamento da IDE com a placa . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Circuito Elétrico . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Circuito do DHT11 . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Circuito do ACS712 . . . . .</b>	<b>34</b>

3.3.3	Circuito do Shield Ethernet W5100 . . . . .	34
3.3.4	Circuito Completo . . . . .	35
3.4	Construção do servidor . . . . .	36
4	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>38</b>
4.1	Análise da medida da corrente elétrica . . . . .	38
4.2	Análise das medidas de temperatura e umidade . . . . .	39
4.3	Funcionamento do Servidor Web . . . . .	40
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>41</b>
5.1	Conclusão . . . . .	41
5.2	Trabalhos Futuros . . . . .	41
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>43</b>
	 <b>Apêndices</b>	 <b>45</b>
	<b>APÊNDICE A – CÓDIGO . . . . .</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICE B – DADOS AMOSTRADOS . . . . .</b>	<b>49</b>
B.1	Corrente [A] . . . . .	49
B.2	Temperatura [°C] . . . . .	49
B.3	Umidade [%] . . . . .	50

# 1 Introdução

Este capítulo apresenta uma contextualização acerca da criação e desenvolvimento da internet, ferramenta que integra o cotidiano humano e tem revolucionado o modo de produzir na indústria. Realizando um breve comentário desde o surgimento até o presente momento. Também será apresentado um panorama da indústria nacional com o foco no setor de laticínios, que foi onde surgiu a ideia do trabalho.

Por fim, apresenta-se a evolução dessa tecnologia e como esta se insere no cenário produtivo. Baseado nessa tecnologia foi desenvolvido um sistema, que tem por finalidade, permitir o monitoramento remoto de dados inerentes ao bom funcionamento de um equipamento elétrico.

## 1.1 Considerações Iniciais

### 1.1.1 Internet

O surgimento da internet está associado a criação da Arpanet, uma rede de computadores montada pela *Advanced Research Projects Agency* (ARPA) em setembro de 1969. Criada pelo Departamento de Defesa americano em 1958, a ARPA pretendia alcançar superioridade tecnológica militar em relação a União Soviética (URSS) mobilizando recursos de pesquisa, principalmente universitários. Ela surgiu como um pequeno programa no *Information Processing Techniques Office* (IPTO), fundado em 1962. O objetivo desse departamento, dirigido por Joseph Licklider, era estimular a pesquisa em computação interativa. A justificativa da criação da Arpanet foi permitir o compartilhamento *online* de dados entre os grupos de pesquisa da agência (CASTELLS, 2003).

Para montar uma rede de computadores, o IPTO usou uma tecnologia revolucionária de transmissão de dados em telecomunicações: a comutação por pacotes. Desenvolvida de forma independente por Paul Baran na *Rand Corporation* e por Donald Davies no *British National Physical Laboratory*. O projeto de uma rede de comunicação descentralizada e flexível era a proposta para construção de um sistema militar de comunicações capaz de sobreviver a um ataque nuclear, embora esse nunca tenha sido o objetivo por trás da construção da Arpanet. Os primeiros nós da rede em 1969 estavam na Universidade da Califórnia em Los Angeles, no SRI (*Stanford Research Institute*), na Universidade da Califórnia em Santa Barbara e na Universidade de Utah. Em 1971 já havia 15 nós, a maioria em centros de pesquisa universitários. O passo seguinte foi possibilitar a conexão da Arpanet com outras redes de computadores, introduzindo um novo conceito: uma rede de redes. Em 1973, em Stanford, um grupo liderado por Vint Cerf, Steve Croker e Jon Postel criou o protocolo de controle de transmissão (TCP), para padronizar os protocolos de comunicação. Em 1978 o TCP foi dividido em duas partes, acrescentando um

protocolo intra-rede (IP), gerando o TCP/IP, padrão segundo o qual a internet continua operando até hoje (CASTELLS, 2003). A Figura 1, mostra o mapa da rede de teste TCP/IP.

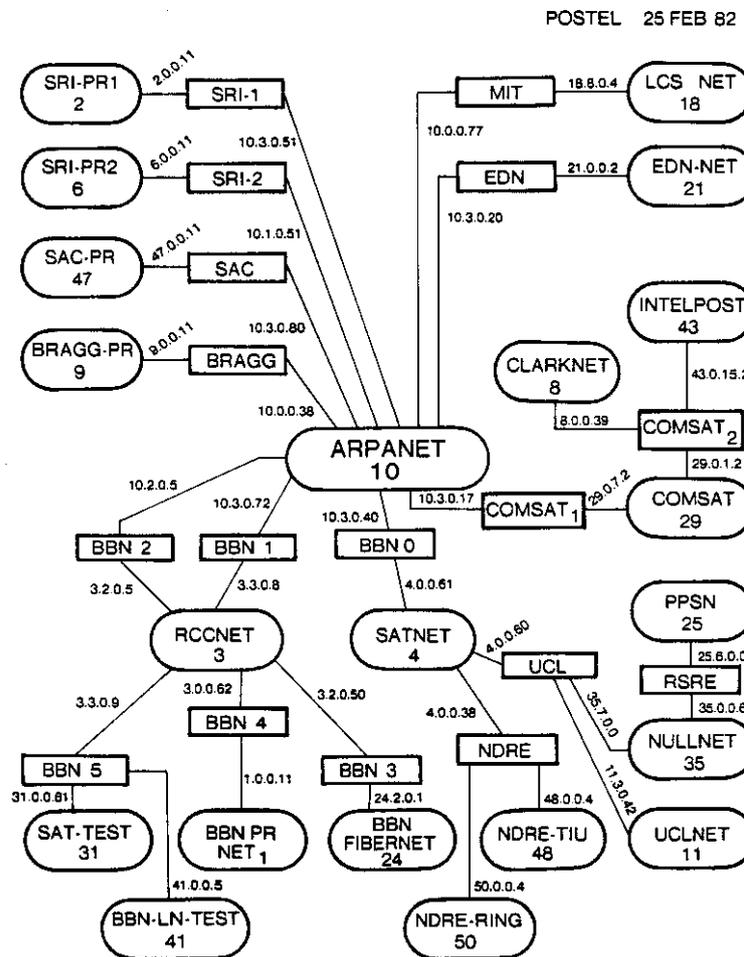


Figura 1 – Mapa da rede de teste TCP/IP em fevereiro de 1982.

Fonte: LEINER et al., 1985.

Em fevereiro de 1990, a Arpanet, já obsoleta, foi retirada de operação pelos militares e sua administração confiada a *National Science Foundation (NSF)*. Com a tecnologia de redes no domínio público, e as telecomunicações desreguladas, a NSF privatizou a internet. Ao longo da década de 90 a maioria dos computadores dos EUA tinha a capacidade de se conectar a rede, lançando os alicerces para a difusão da interconexão de redes. Com o surgimento de vários provedores utilizando suas próprias portas de comunicação, a internet cresceu rapidamente como uma rede global de redes de computadores. Isso só foi possível pelo projeto Arpanet, baseado numa arquitetura em múltiplas camadas, descentralizada, e com protocolos de comunicação abertos. Assim, a rede pôde se expandir com a adição de novos nós e a reconfiguração infinita para acomodar as necessidades de comunicação (CASTELLS, 2003).

### 1.1.2 Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (IoT) surgiu a partir de avanços notáveis nas áreas de sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento. É notável que tem ganhado cada vez mais espaço em pesquisas e na aplicação industrial devido ao seu potencial de uso em diversas atividades. Resumidamente, a IoT é uma extensão da internet atual, proporcionando a objetos de uso cotidiano, que possuam essa capacidade, de conectarem-se a rede; de serem controlados remotamente; que sejam acessados como provedores de serviço dentre outras características. Tais possibilidades geram um número ilimitado de possibilidades, mas acarretam riscos e desafios a serem superados (SANTOS et al., 2016).

Segundo Mattern e Floerkemeier (2010), o termo Internet das Coisas faz analogia com a Web atualmente, onde, em breve, as “coisas” terão habilidades de comunicação entre si, prover e utilizar serviços e dados além de reagir a eventos.

## 1.2 Wireless

Wireless, ou rede sem fio, nada mais é que a transmissão de dados e informações através de aparelhos de radiofrequência ou de infravermelho, sem a utilização de cabos. Essa tecnologia inclui desde (*walkie-talkies*) a satélites no espaço. É comumente encontrado nas redes de computadores, empregando-se como forma de acesso à internet através de locais remotos, e até mesmo na comunicação entre dispositivos. Este tipo de rede sem fio, é conhecido como Wireless Fidelity (PEREIRA, 2018).

Wireless Fidelity, cuja abreviação em inglês é Wifi, é traduzido como fidelidade sem fio. Nada mais é que uma rede sem fio que comunica através de ondas de rádio, sem necessidade de licença para instalação e operação. Para que isso aconteça é necessário somente um aparelho receptor homologado pela ANATEL, que esteja ao alcance das ondas de rádios transmitidas pelo aparelho emissor do sinal (PEREIRA, 2018).

### 1.2.1 Indústria de laticínios no Brasil

A indústria de alimentos desempenha papel importante na economia brasileira, sendo uma das mais tradicionais estruturas produtivas nacional. Com um faturamento de R\$ 291,6 bilhões em 2009, essa indústria contribuiu com quase 10 do Produto Interno Bruto do Brasil. Mesmo com grande parte do PIB resultante do mercado interno, o setor externo tem participação crescente na receita das empresas. Entre 2001 e 2009 o saldo passou de R\$ 20,9 bilhões para R\$ 55,3 bilhões, representando 20% das exportações totais brasileiras. Entretanto o alto valor das moedas estrangeiras dificulta as exportações, principalmente no setor de laticínios. Dentre os diversos setores da indústria alimentícia, o setor de laticínios destaca-se entre os quatro principais, sendo responsável por aproximadamente 10% do faturamento total desse ramo de

negócios(CARVALHO, 2010).

### 1.2.1.1 Usina de Laticínios Jussara

Fundada pelo médico Amélio Rosa Barbosa, em 1954, a Usina de Laticínios Jussara sempre teve o compromisso de proporcionar boa nutrição para uma vida mais saudável. Conhecida por investir de forma pioneira em tecnologia de última geração e no rigoroso controle de qualidade de produção, de fornecedores e na capacitação técnica dos seus funcionários para garantir a expectativas de seus clientes. Em 1955, a Jussara era uma das primeiras empresas do Estado de São Paulo a produzir o leite pasteurizado; em 1970, seu leite era um dos primeiros a ser distribuído em saquinhos; em 1993, a Jussara estava novamente entre os líderes com a embalagem cartonada, a mais nova tecnologia da época. Em 1998, inaugurava uma das mais modernas plantas industriais da América Latina, em Patrocínio Paulista, onde funciona sua sede. Em 2015, buscando novas opções de embalagem que despontam nos países desenvolvidos no segmento e às novas necessidades e exigências do consumidor brasileiro, a Jussara apresenta ao mercado a linha Jussara MAX, de leite longa vida, acondicionado em garrafas plásticas com as mais modernas tecnologias de envase da América Latina para garrafas PET. O maquinário foi provido pela Sidel, multinacional líder no segmento de envase em garrafas plásticas e é caracterizada por sua velocidade de operação e alta capacidade produtiva, um moderno equipamento automatizado que tem excelente desempenho e precisão.

A empresa conta com 25 postos de captação de leite nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Goiás, que recebem leite diariamente de 4.000 produtores rurais. Com um faturamento estimado de R\$ 1 bilhão para 2016 e mais de 1000 funcionários diretos, a Jussara é líder em vendas de leite UHT no estado de São Paulo, e quinto colocado no mercado nacional, segundo pesquisas publicadas Associação Paulista de Supermercados (APAS) e Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) e realizadas por Kantar World Panel e ACNielsen (JUSSARA, 2019). A Figura 2 mostra a planta sede em Patrocínio Paulista/SP.

## 1.3 Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um servidor web, em rede local, para o monitoramento de corrente de um equipamento e a temperatura e umidade em seu local de instalação. Dispositivos conectados a essa rede LAN, do inglês *Local Area Network*, poderão acessar esses dados e acompanhá-los em tempo real remotamente.

### 1.3.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são os seguintes:



Figura 2 – Usina de Laticínios Jussara - Sede em Patrocínio Paulista/SP.

Fonte: JUSSARA, 2019.

- Desenvolver um projeto de *hardware* de baixo custo para executar um servidor *online* em uma rede local;
- Desenvolver um projeto eletrônico de instrumentação utilizando os sensores para a aquisição dos dados;
- Desenvolver o servidor *online* para expor os dados amostrados de forma clara, objetiva e simples, para que os usuários consigam interpretar a informação;
- Configurar os parâmetros de rede para garantir um acesso estável e rápido.

## 1.4 Justificativa

Devido a atual conjuntura econômica do país, cada vez mais as empresas buscam eficiência e diminuir gastos. Perdas, tanto financeiras quanto em tempo de produção, apresentam grandes impactos nos números finais. Na produção de alimentos o tempo é crucial por conta da perecibilidade da matéria prima e/ou do próprio produto. Dessa forma, um sistema de monitoramento remoto, que reúna dados que estão diretamente ligados a quebras mecânicas e elétricas mostra-se uma alternativa interessante, a fim de evitar paradas não planejadas e, consequentemente, perda de eficiência. Com a aquisição dos dados é possível realizar um planejamento preventivo de manutenção, gerando medidas que evitem ou atenuem o problema. Na indústria de laticínios, tempo é uma grandeza crucial, e o sistema proposto ajudaria a evitar possíveis quebras e ineficiência da planta.

## **1.5 Organização do Texto**

O trabalho em questão será apresentado em cinco capítulos, sendo eles em ordem crescente. Estes são: introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e considerações finais.

O primeiro capítulo, introdução, apresenta resumidamente o tema que será abordado e de qual forma isso ocorrerá. No segundo capítulo, a revisão bibliográfica contém o referencial teórico dos diversos assuntos citados nesse trabalho, fornecendo ao leitor uma linha de raciocínio. A metodologia utilizada nesse trabalho será apresentada no capítulo 3, mostrando os passos e métodos para chegar aos resultados. O capítulo 4 mostrará os resultados obtidos e uma análise se estes foram satisfatórios diante dos objetivos planejados. Por fim, o quinto capítulo traz as considerações finais. Este capítulo conclui o trabalho a partir de uma síntese de todos os elementos percorridos e sugere mudanças e ideias para trabalhos futuros.

## 2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão apresentados conceitos teóricos fundamentais utilizados no trabalho. Dessa forma, serão explicitados os itens de hardware e software que possibilitarão a composição desse projeto.

Portanto, analisa-se:

- Microcontrolador Arduino;
- Shield Ethernet W5100;
- Sensor de corrente ACS712;
- Sensor de temperatura e umidade DHT11;
- HTML;
- Motores elétricos.

### 2.1 Microcontrolador Arduino

O Arduino é uma plataforma de *hardware open source* prática e de fácil utilização, com inúmeras possibilidades de aplicação. Ideal para criação de dispositivos que permitem a interação com o usuário e/ou ambiente através da utilização de periféricos como LEDs, motores, *displays*, sensores dos mais variados tipos entre outros componentes.

A plataforma possui uma camada simples de *software* implementada na placa e uma interface de desenvolvimento multiplataforma amigável a qual utiliza como linguagem o Processing, baseada na linguagem C/C++. Com um microcontrolador ATMEL AVR de 8 *bits*, que também possui *bootloader* integrado, um regulador linear de 5V e um oscilador de cristal de 16MHz, a plataforma apresenta quantidade de portas I/O variadas, dependendo do modelo. O *chip* pré-programado com o *bootloader* simplifica o carregamento de programas para a memória *flash* embutida, facilitando seu uso e gravação de dados em relação a outros microcontroladores, que geralmente demandam um *chip* programador externo. Em sua IDE, são disponibilizadas bibliotecas que permitem o interfaceamento com outros dispositivos de *hardware*, permitindo o desenvolvimento completo de aplicações simples e complexas em qualquer área, mesmo com sua restrição de memória (SOUZA et al., 2011).

### 2.1.1 Arduino Uno

O Arduino Uno é uma placa que utiliza o microcontrolador ATmega328P. Ela possui 14 portas digitais de entrada e saída de dados(I/O), em que 6 delas podem ser usadas como saídas PWM. Também conta com 6 entradas analógicas, um oscilador de cristal de 16MHz, conexão USB, alimentação externa pelo conector jack, pinos ICSP header e um botão de *reset*. Além de uma estrutura física ideal para a conexão com Shields e outros periféricos (ARDUINO, 2019). A Figura 3 mostra a placa Arduino Uno.



Figura 3 – Arduino Uno.

Fonte:ARDUINO, 2019.

O microcontrolador ATMEL ATMEGA328, visto na Figura 4, é um dispositivo de 8 *bits* da família AVR, com arquitetura RISC e encapsulamento DIP28. Conta com 2Kb de RAM, 1Kb de EEPROM e 32Kb de memória *Flash* (512 *bytes* são utilizados pelo *bootloader*). Possui 28 pinos, em que 23 podem ser portas I/O. Pode operar em até 20MHz, porém limita-se aos 16MHz por conta do oscilador da placa (SOUZA, 2013).

## 2.2 Shield Ethernet W5100

O Shield Ethernet W5100, visto na Figura 5, é uma placa que permite que o Arduino se conecte com a internet a partir de um cabo RJ-45. O shield se baseia no *chip* Wiznet W5100, utilizando uma rede de IP baseada no protocolo TCP e UDP suportando até quatro conexões simultâneas. O periférico conecta-se ao Arduino através de pinos sobressalentes na parte inferior, dessa forma as portas I/O ainda podem ser utilizadas, inclusive por outros Shields (GUTIÉRREZ, 2013).

A placa possui uma entrada RJ-45 com transformador de linha integrado e Power over Ethernet (PoE) habilitado. Também possui uma entrada para cartão micro SD, que pode ser usada para armazenamento de dados via rede. Também possui um controlador para que seja corretamente reiniciado quando a conexão é encerrada, algo que tinha que ser feito manualmente

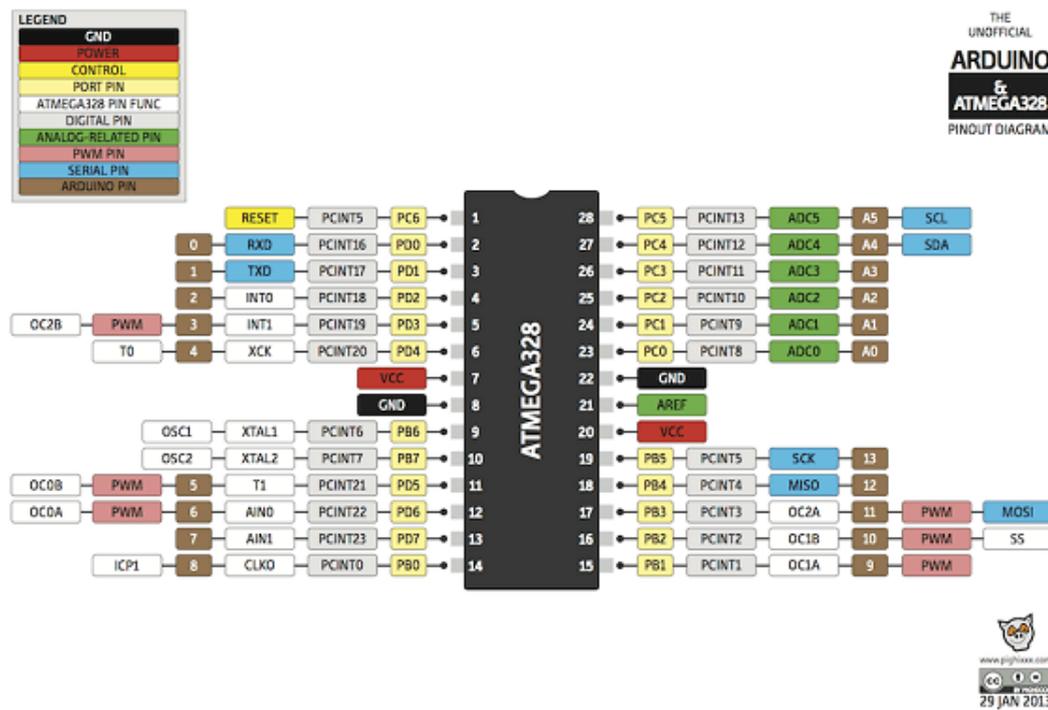


Figura 4 – Microcontrolador ATmega328.

Fonte: SOUZA, 2013.

nas versões anteriores quando o Arduino utilizado era o modelo Mega. A alimentação é feita pelo próprio cabo de rede, utilizando o padrão Cat-5 de par trançado. É utilizado o padrão IEEE 802.3 para especificar a camada físicas e sub-camada MAC da camada de ligação de dados do modelo OSI para o protocolo Ethernet (GUTIÉRREZ, 2013).

O shield contém sete LEDs informativos:

- PWR: indica alimentação de energia;
- LINK: indica conexão com a rede;
- FULLD: indica que a conexão é full duplex;
- 100M: conexão de rede com velocidade 100Mb/s;
- RX: recepção de dados;
- TX: envio de dados;
- COLL: colisões/erros de rede.



Figura 5 – Shield Ethernet W5100

Fonte: ARDUINO, 2019.

## 2.3 Sensor de corrente ACS712

O sensor de corrente ACS712 pode medir correntes entre -30A a e +30A de maneira simples e segura utilizando o Efeito Hall e gerar uma tensão proporcional à corrente detectada.

### 2.3.1 Efeito Hall

A figura 6 auxilia a explicação do Efeito Hall. Imagine uma seção reta de um condutor, onde

$$A = L \times d \quad (2.1)$$

Essa seção é percorrida por um feixe de elétrons com uma velocidade 'v'. Empregando um campo magnético 'B' na direção horizontal, resultará em uma força magnética 'FB' perpendicular ao movimento eletrônico, no sentido de cima para baixo. Por conta dessa força os elétrons em movimento serão desviados para a parte de baixo do condutor, gerando um acúmulo de cargas negativas nessa região. Na face superior, após algum tempo, o acúmulo será de cargas positivas. Conseqüentemente, haverá uma diferença de potencial entre as faces, denominada de tensão Hall. Essa tensão é proporcional ao campo magnético a qual o condutor foi exposto (KASAP, 2001).

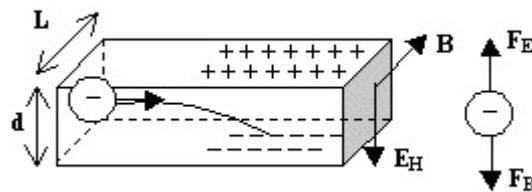


Figura 6 – Efeito Hall

Fonte: PEREIRA, 2018.

Através dessa tensão é possível mensurar a corrente no condutor, explicando o funcionamento do sensor.

## 2.4 Sensor de temperatura e umidade DHT11

O DHT11, visto na Figura 7, é um sensor digital de temperatura e umidade capaz de medir temperaturas entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $50^{\circ}\text{C}$ , com uma precisão de  $2,0^{\circ}$  para mais ou para menos. Quanto a umidade, ele permite medidas entre 20% e 90%, com precisão de 5% do valor. O sensor possui quatro pinos, mas um deles não é utilizado. Utilizando a comunicação One Wire, utiliza apenas um dos pinos. Os demais são o pino de alimentação, Vcc, e o de terra, GND. O DHT11 também conta com uma interface analógica-digital, para que não seja necessária a calibração ou conversão digital como ocorre no caso de termistores. Possui baixo custo e é facilmente encontrado no mercado (QUEIROZ et al., 2016).

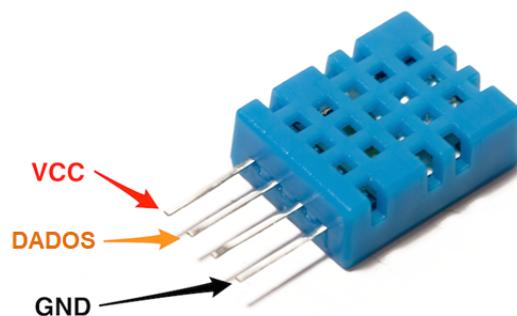


Figura 7 – Sensor DHT11

Fonte: ELETRÔNICA, 2017.

## 2.5 HTML

HTML (HyperText Markup Language), é uma linguagem de marcação utilizada na confecção de páginas web. Surgiu a partir da junção entre os padrões HyTime e SGML. O HyTime é um padrão para representação de hipermídias baseadas no tempo, como um vídeo, por exemplo. O SGML é um padrão de formatação de textos que não foi desenvolvido para hipertexto,

mas tornou-se conveniente para transformar documentos em hiper-objetos e para descrever as ligações (FAULKNER et al., 2017).

Foi criado pelo físico britânico Tim Berners-Lee para resolver um problema de comunicação e disseminação de pesquisas entre seu grupo de colegas. No início era apenas um conjunto de ferramentas criado no ambiente de desenvolvimento NetXTSTEP. Com a solução do problema e a então emergente internet nos domínios públicos, a criação ganhou atenção mundial. Em suas primeiras versões as regras de sintaxe eram mais flexíveis para ajudar aqueles com pouca familiaridade com a publicação na internet. Mesmo com o passar do tempo e o avanço da linguagem, os navegadores de hoje em dia ainda conseguem interpretar páginas que estão longe de padrões HTML válidos (RAGGETT et al., 1998). Sua última versão, o HTML5, foi lançada em 2014, com duas atualizações: o HTML5.1 em 2016 e o 5.2 em 2017 (FAULKNER et al., 2017). Um exemplo pode ser visto na Figura 8.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Sample page</title>
  </head>
  <body>
    <h1>Sample page</h1>
    <p>This is a <a href="demo.html">simple</a> sample.</p>
    <!-- this is a comment -->
  </body>
</html>
```

Figura 8 – Código básico em HTML

Fonte: FAULKNER et al., 2017.

## 2.6 O motor elétrico

O motor elétrico é um dispositivo cujo benefício, através de interações eletromagnéticas é transformar a energia elétrica a ele aplicada em energia mecânica entre as partes que o compõem. Sendo assim, seu princípio básico de funcionamento é alimentar a parte fixa do motor com energia elétrica, gerando ali um eletroímã, onde o campo magnético vai variar, criando uma força magnética na parte móvel do motor que irá movimentar para tentar acompanhar a variação do campo magnético (OLIVEIRA, 2009).

### 2.6.1 O motor de corrente contínua

As partes principais do motor de corrente contínua, assim como os demais motores elétricos, são o rotor (parte móvel), o estator (parte fixa), o comutador e o par de escovas (que são peças chaves para o funcionamento correto do motor). Desse modo, o estator possui um enrolamento entre seus polos que é contínuo, tornando um eletroímã de polaridade fixa, quando

energizado. Com o rotor não é diferente, quando alimentado por uma fonte secundária chamada de excitatriz (por meio das escovas), torna-se um eletroímã quando energizado. Devido a capacidade de girar, o rotor movimenta-se, de forma que o seu polo Sul vá em direção ao polo Norte do estator e vice-versa. Quando isso ocorre, a corrente tem seu sentido invertido, e consequentemente inverte também a polaridade do eletroímã do rotor, em decorrência dos semicírculos do comutador, que acompanham o giro, trocarem de escovas, dando continuidade ao movimento giratório (OLIVEIRA, 2009).

A comutação resume-se na mudança de uma lâmina do comutador, onde as bobinas são ligadas em série, para a próxima. Durante este processo, antes da corrente fluir no sentido oposto, a bobina é curto-circuitada pelas escovas, liberando assim energia armazenada. Essa inversão de corrente que ocorre não é instantânea, portanto uma força eletromotriz é movida na espira, causando uma corrente de curto-circuito que circula no comutador, nas espiras e nas escovas. Após o curto-circuito, a interrupção dessa corrente dá origem ao aparecimento de faíscas nos contatos das escovas com o comutador, que podem causar arcos elétricos perigosos e que prejudicam o comutador, tendo que ser eliminadas. A velocidade de rotação do rotor é proporcional à corrente aplicada, ou seja, variando a tensão aplicada a seus terminais, controlamos a velocidade de rotação do motor (OLIVEIRA, 2009). Um esquema pode ser visto na Figura 9.

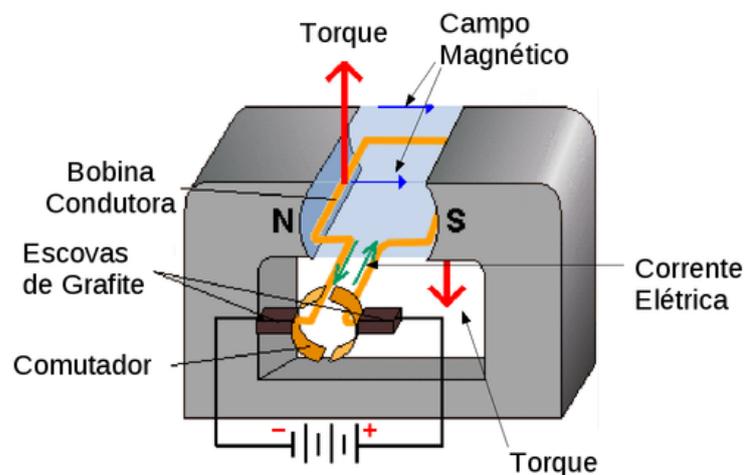


Figura 9 – Motor CC

Fonte: MARKOS, 2006.

## 2.6.2 O motor de corrente alternada

Sua estrutura consiste em um enrolamento trifásico, composto por três enrolamentos monofásicos espaçados entre si de  $120^\circ$ . Quando alimentado por três correntes, elas criarão campos magnéticos próprios. Os campos são proporcionais às respectivas correntes, então também serão defasados no tempo entre si em  $120^\circ$ . O campo magnético total é a resultante da soma vetorial dos três campos criados pelas correntes naquele instante de tempo. Dessa forma, quando um enrolamento trifásico é alimentado por correntes trifásicas, cria-se um campo

magnético girante, como se houvesse um único par de polos girantes, de intensidade constante. Como o campo girante gira de acordo com os picos de corrente em cada enrolamento, quanto mais rápido a corrente alternar, mais rápido o motor irá girar (OLIVEIRA, 2009).

A principal diferença entre os motores de corrente alternada esta no rotor. Para isso, existem dois tipos de motores: os síncronos e os assíncronos.

### **2.6.2.1 O motor trifásico assíncrono, ou motor de indução**

O motor elétrico de indução trifásico, visto na Figura 10, é constituído por duas partes: o estator (parte fixa), e o rotor (parte móvel). O que difere dos outros tipos de motores é que o estator é a única parte do motor que recebe energia elétrica para alimentação, o que não acontece com o rotor. Não se pode esquecer que no rotor do motor de indução, na maioria das vezes não apresenta espiras. A maior parte dos motores de indução apresentam um tipo de rotor denominado como rotor em gaiola de esquilo (OLIVEIRA, 2009).

Conhecido como gaiola de esquilo, é o motor mais usado na indústria devido ao menor custo comparado aos outros motores, além da menor necessidade de manutenção e facilidade na construção. A principal característica é que não há bobinas no rotor. Para substituir apresentam barras de material condutor unidas por anéis condutores, que através do processo de injeção são acopladas dentro do núcleo magnético. É importante lembrar que o nome "gaiola de esquilo" ou "rotor engaiolado" se dá pelas barras de anéis, que formam uma gaiola parecida às gaiolas feitas para esquilos (OLIVEIRA, 2009).

A corrente elétrica começa a fluir pelas barras através de uma diferença de potencial que é estimulada quando o estator é energizado e as linhas do campo magnético girante cortam o rotor. Desse modo, a corrente do rotor aumenta e torna-se um eletroímã, onde vai acompanhar o movimento do campo gigante. Devido a carga mecânica, os polos do rotor, nunca se alinham aos do estator, e conseqüentemente a velocidade do giro do motor torna-se diferente a velocidade do giro do campo gigante, denominado de escorregamento. Em decorrência disso, o motor de indução também é chamado de motor assíncrono. Quanto maior a carga mecânica acionada, maior também a diferença de velocidade do giro. Na maioria dos casos isso não é um empecilho, porém existem necessidades que exigem que a rotação aconteça de forma constante (independente da carga no eixo). Nesses casos usa-se o motor síncrono (OLIVEIRA, 2009).

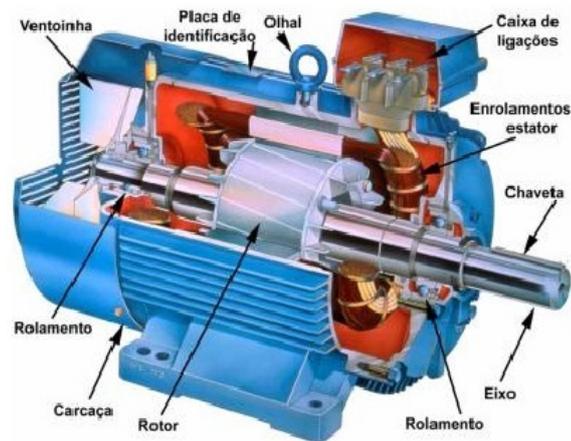


Figura 10 – Motor de indução

Fonte: ELETRICISTA, 2015.

### 2.6.2.2 O motor síncrono

Para o funcionamento do motor síncrono, é necessário que a velocidade de rotação seja constante e idêntica à velocidade do campo girante, onde é chamada de velocidade síncrona. Para que isso aconteça, o rotor precisa ser bobinado, ao invés de engaiolado, para que evite correntes induzidas como no motor assíncrono. É necessário que o rotor seja um eletroímã de polaridade fixa, com campo constante, sem acompanhar as variações do campo do estator. Desta forma é injetado no rotor corrente contínua, para magnetizá-lo criando um eletroímã de polos fixos. Logo após, é necessário fazê-lo girar somente com um ângulo constante e pequeno de diferença, chamado ângulo de torque. Então é acelerado a velocidade do rotor até cerca de 95% da velocidade síncrona, e logo em seguida aplicado a corrente contínua para que assim ele gire em velocidade síncrona. Se durante o processo for aplicada uma carga maior que o motor síncrono, o ângulo de torque aumenta demais e o motor para, tendo que parti-lo novamente. Devido a essa limitação de manter a mesma velocidade de rotação, surgiram os inversores de frequência, onde essa impossibilidade passou a ser contornada, aumentando o interesse no uso dos motores síncronos, mesmo com o preço mais alto (OLIVEIRA, 2009). A Figura 11 mostra um motor síncrono detalhado.

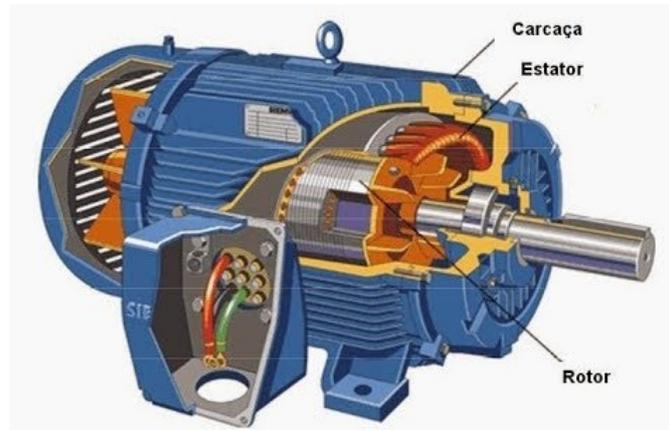


Figura 11 – Motor síncrono

Fonte: CAETANO, 2017.

### 2.6.2.3 Outros Tipos De Motores

É importante ressaltar, que dentre os diversos tipos de motores elétricos, temos alguns tipos de aplicações mais leves e menos comuns, mas que são encontrados e utilizados em sistemas de controle e posicionamento, de funcionamento parecido aos que foram citados acima (OLIVEIRA, 2009).

- Motor de Passo: a característica do rotor é em forma de roda dentada e o estator tem polos que são energizados um de cada vez. O controle da rotação do motor acontece quando a energização de um polo do estator, atrai o dente adjacente;
- Servomotor: comumente usado em sistemas de controle e fabricação fina. É um motor de corrente contínua, com um controlador eletrônico, que controla o giro de seu eixo com bastante precisão;
- Motor Universal: Esse tipo de motor era usado nas aplicações dos primeiros trens elétricos, que tinham a necessidade de deslocar a grandes distancias e em linhas que não tinham o mesmo sistema de alimentação. O motor universal pode ser operado tanto como alimentação de corrente contínua, quanto de corrente alternada, e é usado em potências baixas;
- Motor Linear: É um motor de corrente alternada, onde a força magnética é linear e não produzida por um torque. São encontrados em trens Maglev, que flutuam sobre um campo magnético e viajam a altíssimas velocidades.

## 3 Metodologia

### 3.1 Configuração da rede LAN

O primeiro passo para a criação do servidor web foi a configuração da rede local. Para isso foi utilizado um roteador wireless TP-Link TL-WR740N. É um dispositivo de conexão de rede cabeada/wireless integrado com roteamento e compartilhamento de Internet e um *switch* de 4 portas padrão RJ-45. Compatível com o padrão 802.11b&g, baseado na tecnologia 802.11n, oferece um desempenho de até 150Mbps. Permite aplicações de alto consumo de largura de banda sem perda de desempenho. Uma alternativa eficaz e com preço acessível no mercado. Além disso conta com os padrões de criptografia WPA/WPA2, com encriptação 256 *bits* e risco zero de invasões segundo especialistas. Também conta com o CCA, Avaliação de Canais Livres, para evitar conflitos de canais, utilizando o recurso automático para a seleção de canais livres. E o IP QoS, que permite que os administradores controlem a largura de banda para os usuários da rede. Possui alimentação de 5Vdc e frequência de transmissão de 2.4-2.4835GHz (TP-LINK, 2019).

#### 3.1.1 Configuração do roteador TL-WR740N

Para acessar as configurações de um roteador é necessário estar conectado a ele por um computador ou outro dispositivo que seja capaz. Após realizar a conexão, é necessário conhecer seu endereço de IP, que é o gateway padrão da rede. Para isso, utilize o prompt de comando do Windows, representado na Figura 12. Para tal, utilizar o atalho padrão do sistema operacional em questão, para abrir a função executar: tecla Windows+R. Com a função aberta, basta digitar “cmd” para que abra o prompt de comando.

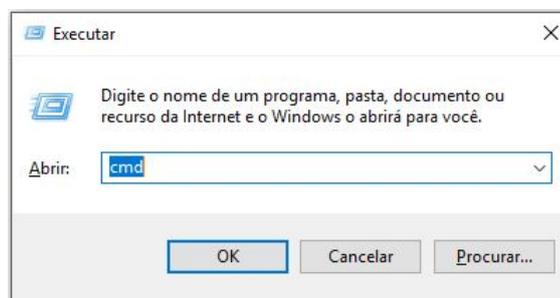
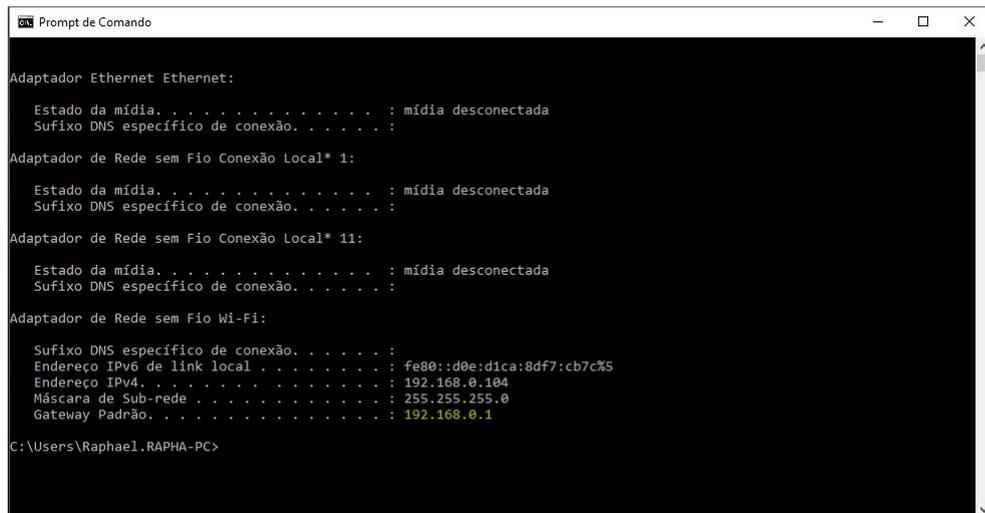


Figura 12 – Função executar

Já na tela do prompt de comando, na Figura 13, usa-se o código “ipconfig” para acessar as configurações e dados de IP da rede conectada. Na seção Adaptador de Rede sem Fio Wi-Fi, encontra-se o IP do Gateway Padrão, que é o endereço do roteador conectado.



```
Prompt de Comando

Adaptador Ethernet Ethernet:

Estado da mídia. . . . . : mídia desconectada
Sufixo DNS específico de conexão. . . . . :

Adaptador de Rede sem Fio Conexão Local* 1:

Estado da mídia. . . . . : mídia desconectada
Sufixo DNS específico de conexão. . . . . :

Adaptador de Rede sem Fio Conexão Local* 11:

Estado da mídia. . . . . : mídia desconectada
Sufixo DNS específico de conexão. . . . . :

Adaptador de Rede sem Fio Wi-Fi:

Sufixo DNS específico de conexão. . . . . :
Endereço IPv6 de link local . . . . . : fe80::d0e:d1ca:8df7:cb7c%5
Endereço IPv4. . . . . : 192.168.0.104
Máscara de Sub-rede . . . . . : 255.255.255.0
Gateway Padrão. . . . . : 192.168.0.1

C:\Users\Raphael.RAPHA-PC>
```

Figura 13 – Prompt de comando

De posse do endereço de IP, basta digitá-lo em um navegador de internet e acessar as configurações do roteador fazendo *login* com usuário e senha. Esses campos seguem um padrão de fábrica que varia de fabricante para fabricante e podem ser alterados na configuração do equipamento. No caso do TL-WR740N, ambos os campos usam “admin”. Na tela inicial de configurações, no menu lateral a esquerda, clique em Passo a passo, avançando etapa por etapa com a ajuda do assistente. Na primeira tela, Tipo de Conexão WAN, basta marcar a opção Detectar para que o assistente detecte automaticamente o tipo de conexão que seu Provedor de Internet fornece. Na tela seguinte, Clonar MAC, você tem a opção de clonar o MAC Address da sua máquina para criar um registro em seu provedor. Em alguns casos, quando você faz a conexão em um roteador novo, o modem ADSL pode não reconhecer o dispositivo e você não conseguirá acesso a internet. Na próxima tela, encontram-se as configurações de Wireless. Nela será definido o nome da sua rede, o canal em que a conexão vai operar, o modo, a largura do canal, a opção de segurança de acesso e a senha de acesso.

O SSID, nome da rede, foi escolhido como REDE, e a seleção do canal foi deixada em modo automático. Para melhorar o alcance e velocidade da rede, foi escolhido a opção “11n apenas”, pois o padrão N é o que suporta maior velocidade de comunicação e abrange uma área maior de cobertura, como mostra a Figura 15. A largura do canal foi configurada em 40MHz para aumentar a banda de transmissão de dados. Para a criptografia, foi utilizado o padrão mais seguro: WPA-PSK/WPA2-PSK, e uma senha com mais de 8 caracteres, combinando letras maiúsculas, minúsculas, números e caracteres especiais. Após isso, basta avançar e finalizar o processo, visto na Figura 14. O roteador será reiniciado e a rede estará configurada.

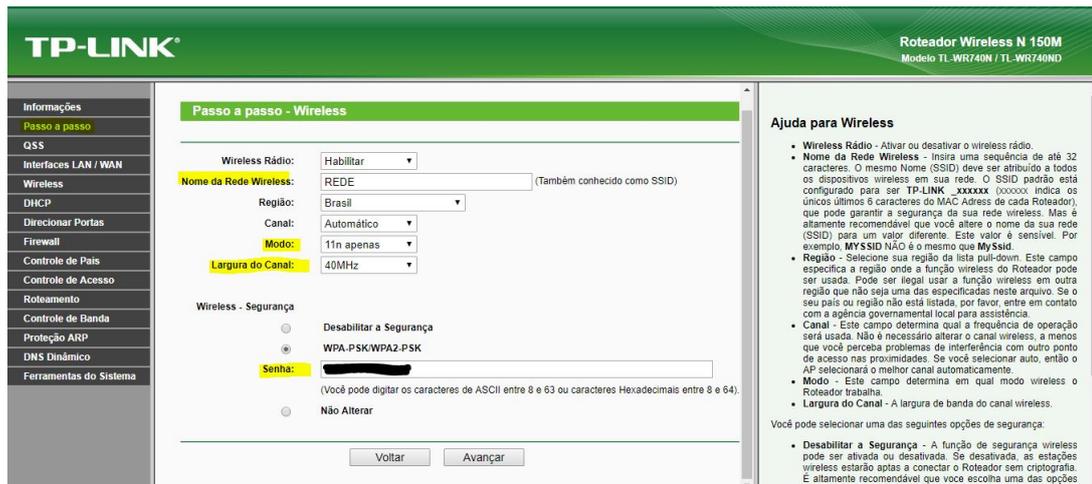


Figura 14 – Configurações do roteador

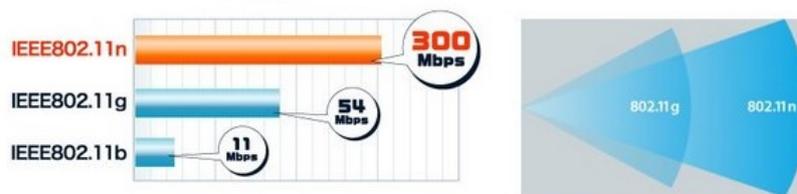


Figura 15 – Padrões de rede Wireless B,G e N

Fonte: BRITO, 2012.

## 3.2 Configuração da IDE do Arduino

### 3.2.1 Instalação das Bibliotecas

Para a confecção do trabalho, foi utilizada a versão mais recente da IDE do Arduino, a 1.8.9, disponível para *download* no site oficial. Com a IDE aberta, é necessário instalar as bibliotecas necessárias para que os sensores funcionem corretamente. Elas são:

1. ACS712 (biblioteca de medição do sensor ACS712);
2. DHT (biblioteca de medição do sensor DHT11);
3. Ethernet (biblioteca para o Shield Ethernet W5100);
4. SPI (biblioteca para comunicação pelo protocolo serial).

Para adicioná-las, basta clicar em Sketch, Incluir Biblioteca, Adicionar biblioteca.ZIP, e adicionar os arquivos compactados que foram baixados, visto na Figura 16. Também é possível

adiciona-las diretamente na pasta de arquivos do programa, descompactando o arquivo e movendo-o para a pasta \Arduino \ libraries, depois basta reiniciar a IDE. As duas primeiras podem ser encontradas em diversos sites, a número 3 e 4 são encontradas na própria IDE ou no site oficial.

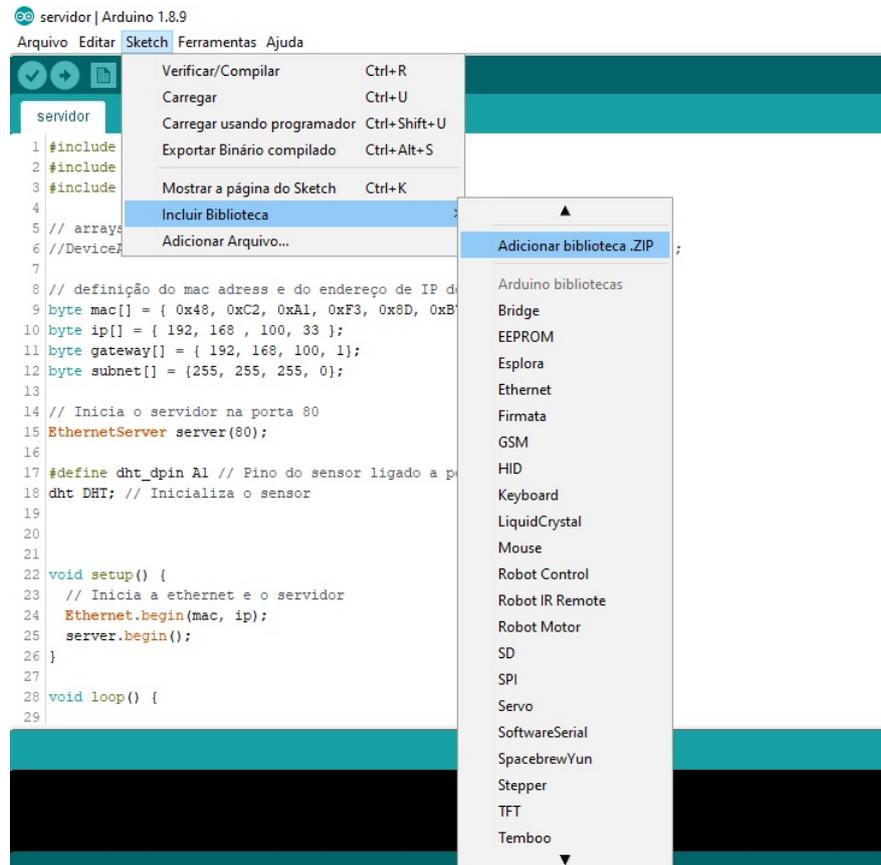


Figura 16 – Bibilbiotecas Arduino

### 3.2.2 Interfaceamento da IDE com a placa

Para conectar o Arduino ao computador e evitar problemas para salvar e compilar códigos, é necessário definir o modelo da placa e em qual porta ela se encontra, como mostra a Figura 17. Para isso, na aba ferramentas, na seção placa, é possível selecionar o modelo que será usado. Lembrando que nesse projeto foi utilizado o Arduino Uno.

Para a escolha da porta COM, abra a mesma aba do menu, e escolha a opção porta, definindo em qual porta USB a placa estará conectada.

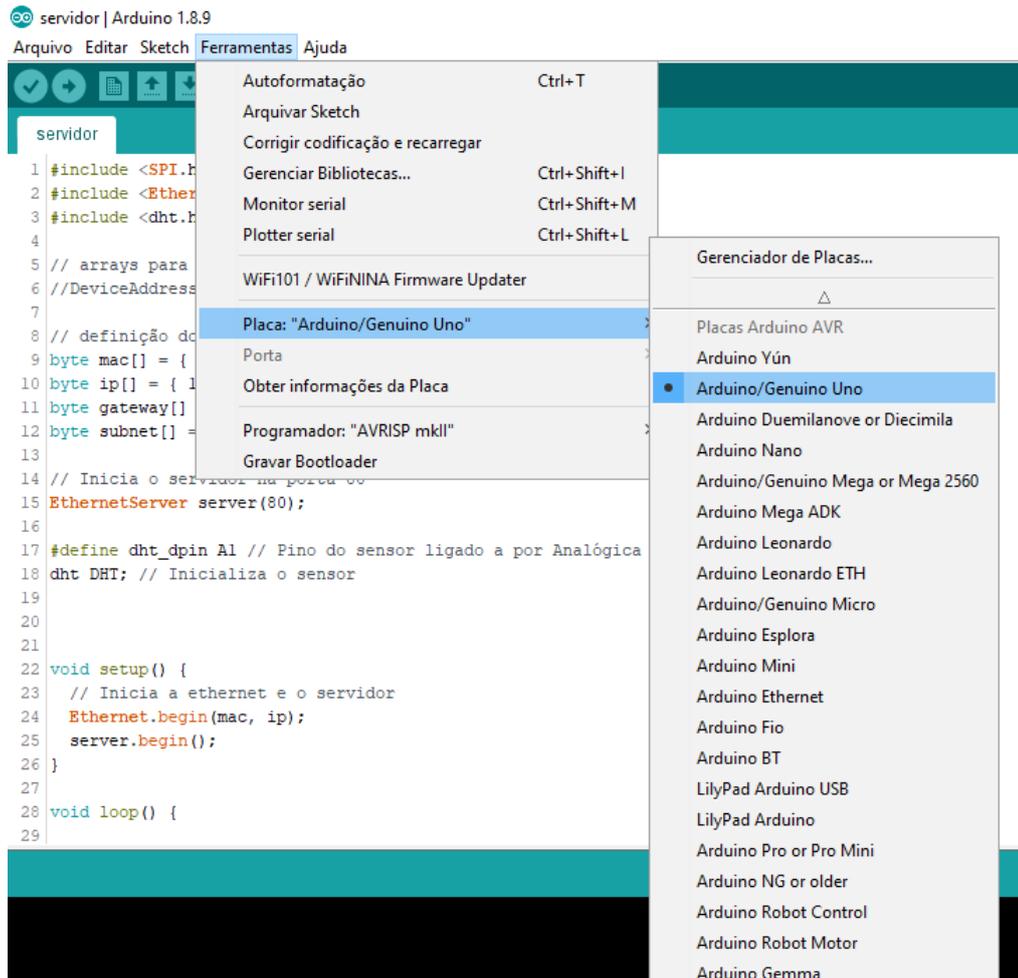


Figura 17 – Configurando o modelo da placa

## 3.3 Circuito Elétrico

Nessa seção, serão mostrados os esquemas eletrônicos de montagem de todos os componentes e o circuito final.

### 3.3.1 Circuito do DHT11

Para realizar a ligação do sensor de temperatura e umidade DHT11 foram utilizadas 3 portas do Arduino Uno: 5V, GND e a porta de entrada analógica A2. O sensor possui quatro pinos, onde o primeiro é o pino de alimentação, que foi ligado ao 5V. O segundo pino do sensor é a saída de dados, está foi conectada a porta analógica A2. Por fim, o 4º pino foi ligado ao GND e o terceiro não apresenta ligações. O esquema pode ser visto na Figura 18.

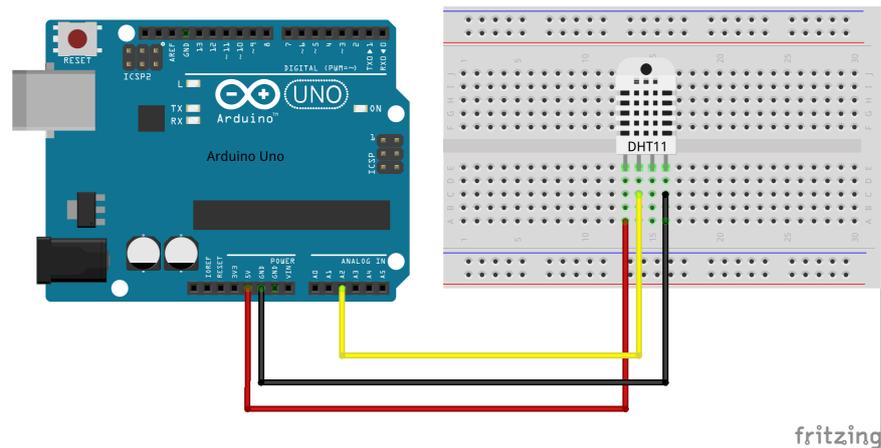


Figura 18 – Circuito do DHT11

### 3.3.2 Circuito do ACS712

O sensor ACS712 possui cinco entradas. No interfaceamento com a placa, sua alimentação é ligada ao 5V e seu aterramento com o GND do Arduino. A leitura de dados é feita na entrada analógica A4. Suas outras duas entradas são para medir a corrente na carga. Dessa forma, a fase da rede alternada é ligada diretamente em uma de suas entradas de medição. A outra entrada é ligada em um dos terminais da carga que será monitorada. O terminal livre da carga é ligado ao neutro da rede, fechando o circuito, como pode ser visto na Figura 19.

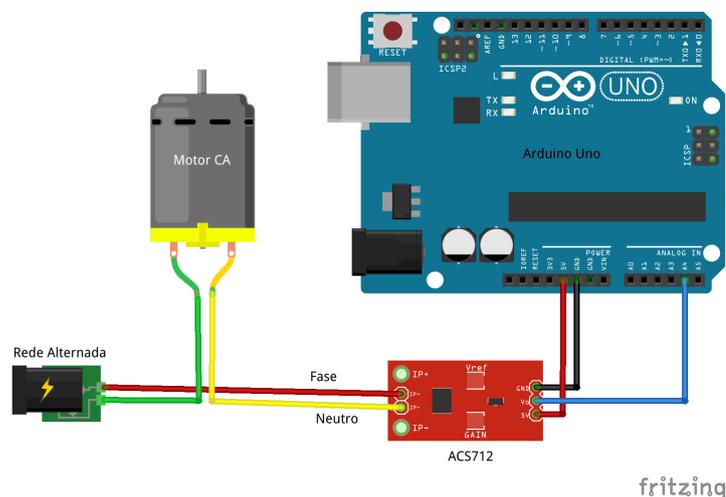


Figura 19 – Circuito do ACS712

### 3.3.3 Circuito do Shield Ethernet W5100

A ligação do Arduino com o Shield Ethernet W5100 é feita através dos pinos sobressalentes, que se encontram na parte inferior do shield. Dessa forma, o shield é acoplado sobre a placa do Arduino, conectando todos os pinos as respectivas portas, como mostra na Figura 20. Assim, ainda é possível usar a maiorias das portas, porém diretamente no shield.

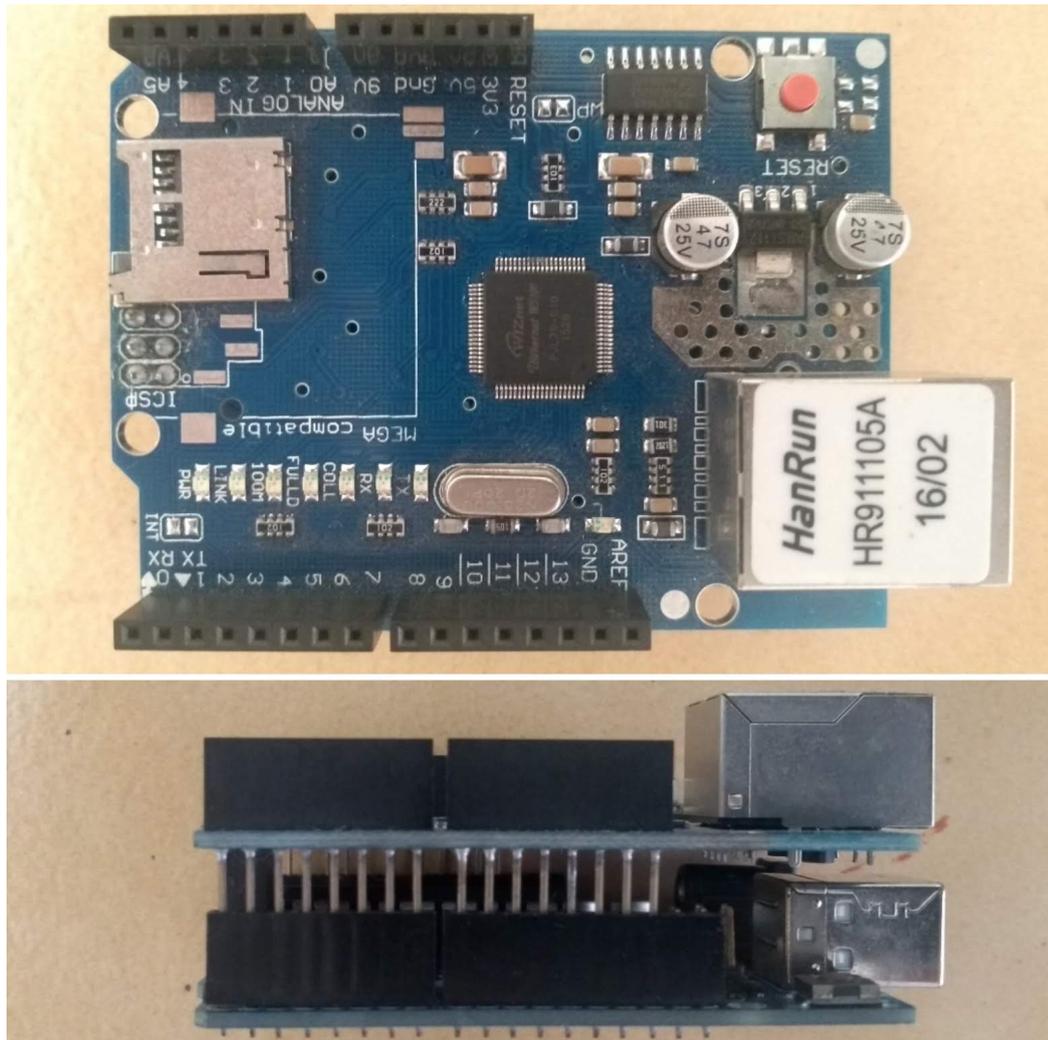


Figura 20 – Circuito do Shield Ethernet W5100

### 3.3.4 Circuito Completo

O esquema completo de montagem pode ser visto na Figura 21, onde o Arduino encontra-se sob o Shield Ethernet. O DHT11 permanece na porta analógica A2 e o ACS712 na A4. O motor foi ligado a uma rede alternada de 127V e 60Hz de frequência. O Shield W5100 é conectado ao cabo de rede e este ao roteador TL-WR740N. A alimentação do Arduino é feita através do conector Jack com um fonte de 9V e 2A.

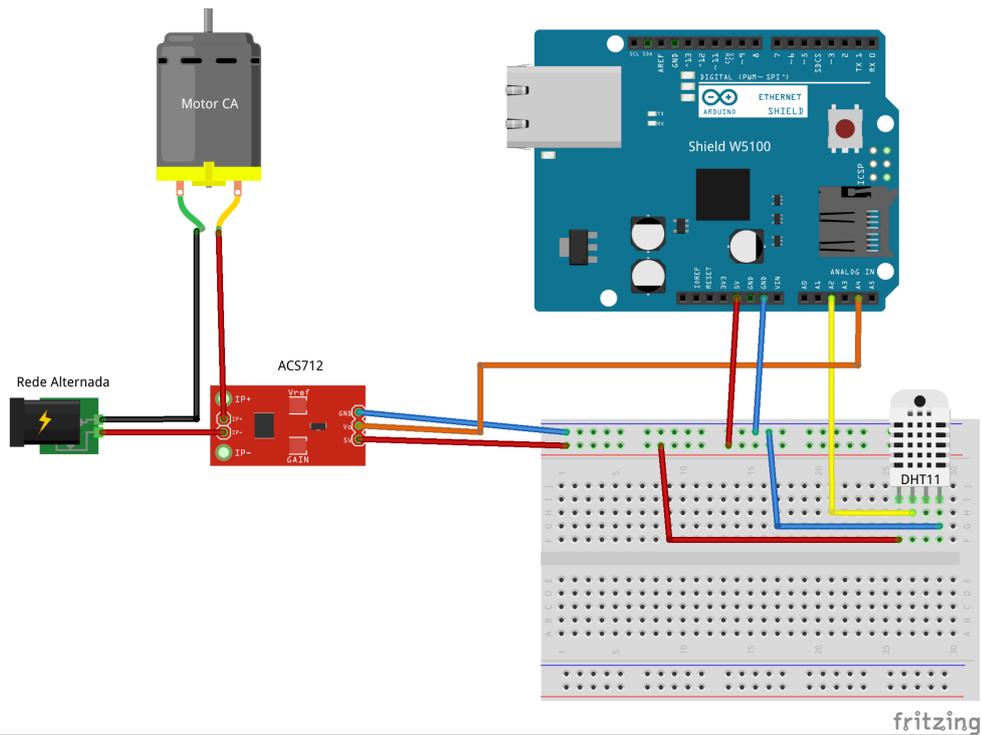


Figura 21 – Circuito Completo

### 3.4 Construção do servidor

Para hospedar o servidor na rede, é necessário configurar os endereços de IP, MAC, gateway e subnet do Arduino. O endereço de IP (*Internet Protocol*) é um número que identifica um dispositivo em uma rede. É um número de 32 *bits* escrito com quatro octetos no formato decimal. O MAC (*Media Access Control*) é um endereço físico único para interfaces de rede. Formado por 48 *bits* no formato hexadecimal. O gateway realiza a comunicação entre a rede local e a internet. A subnet nada mais é a que uma divisão lógica da rede para melhorar o tráfego de dados (CRAWFORD, 1998). Dessa maneira, definiu-se:

- IP = [192, 168, 0, 33]. Definido manualmente dentro do intervalo permitido pelo roteador. Para evitar conflitos na rede, o endereço não deve coincidir com nenhum outro equipamento conectado;
- MAC = [0x48, 0xC2, 0xA1, 0xF3, 0x8D, 0xB7]. Definido aleatoriamente;
- Gateway = [192, 168, 0, 1]. Endereço de IP do roteador TL-WR740N;
- Subnet = [255, 255, 255, 0]. O mesmo da rede LAN utilizada. Pode ser visto na figura 13.

Para criar o servidor, uma instância de um objeto do tipo servidor foi criada na porta 80 do roteador. O servidor realizará conexões de entrada na porta especificada. Para que o

usuário possa acompanhar os dados, foi necessário criar uma instancia do tipo cliente para solicitar a visualização, como ocorre em páginas web. É verificado se o cliente está conectado e a sequência de ações de medição é iniciada. Quando os dados estão disponíveis, estes começam a ser transmitidos. Por padrão, uma solicitação HTTP sempre termina com uma linha em branco, que é utilizada para verificar se foi atingido o final dos dados. Todo o escopo da tela de visualização é montado em HTML para expor as informações obtidas ao usuário. Um pequeno intervalo de tempo é estabelecido na lógica para permitir que o navegador receba os dados. Ao final da solicitação, o cliente é desconectado finalizando a conexão com o servidor. A arquitetura do sistema pode ser vista na Figura 22.

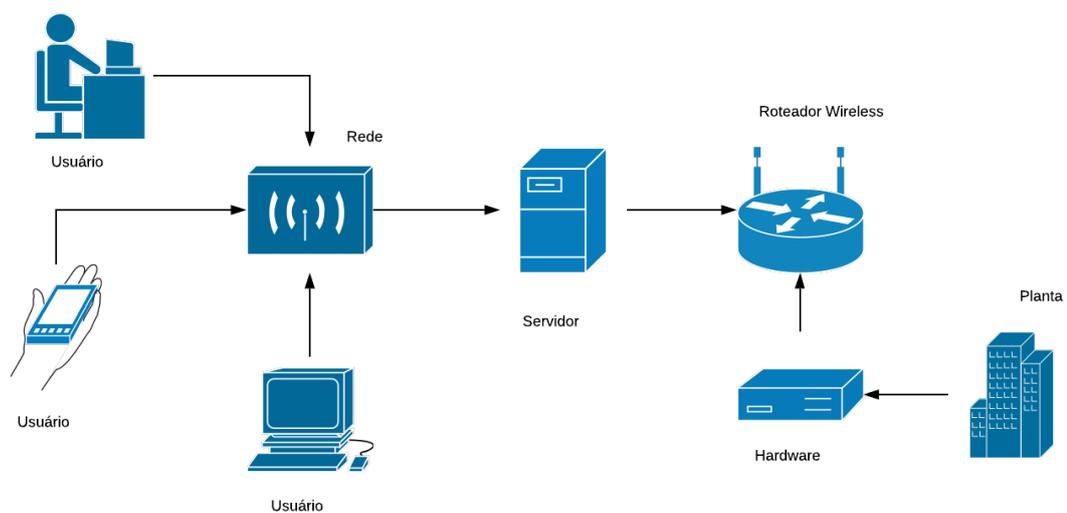


Figura 22 – Arquitetura do sistema

## 4 Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no projeto, de acordo com os objetivos propostos inicialmente.

### 4.1 Análise da medida da corrente elétrica

O motor utilizado para o ensaio possuía as seguintes características:

- Tensão de operação: 127Vca;
- Potência elétrica: 45 W;
- Comprimento total: 180mm;
- Comprimento do eixo: 65mm;
- Comprimento do estator: 55mm;
- Tipo de motor: Monofásico assíncrono.

Utilizando um alicate amperímetro Minipa ET-3111 o valor de corrente encontrado, em plena carga, foi de 360mA.

Segundo Halliday (2000) a potência elétrica é uma grandeza física que mensura o trabalho realizado em um determinado período de tempo, ou seja, a taxa de variação da energia no tempo.

Dessa forma, a potência pode ser expressada por meio da Equação 4.1:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (4.1)$$

Em que  $E$  é a energia gasta e  $\Delta t$  o intervalo de tempo. Ao analisar um período infinitesimal de tempo, obteremos a potência instantânea, expressa pela Equação 4.2.

$$P(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} f(t) \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{dE}{dt} \quad (4.2)$$

A variação instantânea de energia é dada pela Equação 4.3:

$$dE = U dQ = U i \times dt \quad (4.3)$$

Então, a potência instantânea nada mais é que o produto da tensão  $U$  pela corrente  $I$  em um determinado instante de tempo, mostrado na Equação 4.4.

$$P(t) = U(t) \times I(t) \quad (4.4)$$

Para encontrar o valor de  $I$ , basta isolá-lo na expressão, como na Equação 4.5. Com a tensão em 127V e a potência de 45W, o valor obtido, segundo o modelo matemático, foi de 0,3543A.

$$I = \frac{45}{127} = 0,3543 \quad (4.5)$$

Para a análise da medida de corrente foram amostrados 120 valores, de 5 em 5 segundos, em um intervalo de 10 minutos. Com esses dados, foi feita uma média dos valores obtidos e calculado o desvio padrão. Também foi feita a média da diferença em relação ao valor do amperímetro e ao valor teórico obtido.

- Média da leitura = 0,3885A;
- Desvio padrão = 0,0049A;
- Média das diferenças em relação ao amperímetro = 0,0285A;
- Média das diferenças em relação ao valor teórico = 0,0342A.

## 4.2 Análise das medidas de temperatura e umidade

Também foram coletadas 120 amostras no mesmo período de tempo e com a mesma frequência. Para a comparação foi utilizado um termo-higrometro digital da marca Cap-Lab, calibrado em 10 de abril de 2019 e com validade até outubro do mesmo ano.

O valor de temperatura nesse intervalo de tempo foi de 21,4°C e a umidade em 39%, de acordo com o termo-higrometro. Foi feito então uma média dos valores de temperatura e umidade lidos pelo DHT11 e uma média da diferença entre esses valores e o valor obtido pelo termo-higrometro.

- Média das temperaturas: 19,44°C;
- Média das diferenças de temperatura: 1,96°C;
- Média das umidades: 36,43%;
- Média das diferenças de umidade: 2,57%.

Também foi calculado o desvio padrão da temperatura e da umidade, obtendo 0,49 em ambos os casos.

### 4.3 Funcionamento do Servidor Web

Para acessar o servidor remoto, é necessário a conexão com a rede. A conexão é estabelecida em posse no nome da rede e da senha de acesso. Depois de conectado, basta abrir o navegador de internet, e digitar o endereço de IP no qual a rede foi hospedada, como é possível ver na Figura 23.

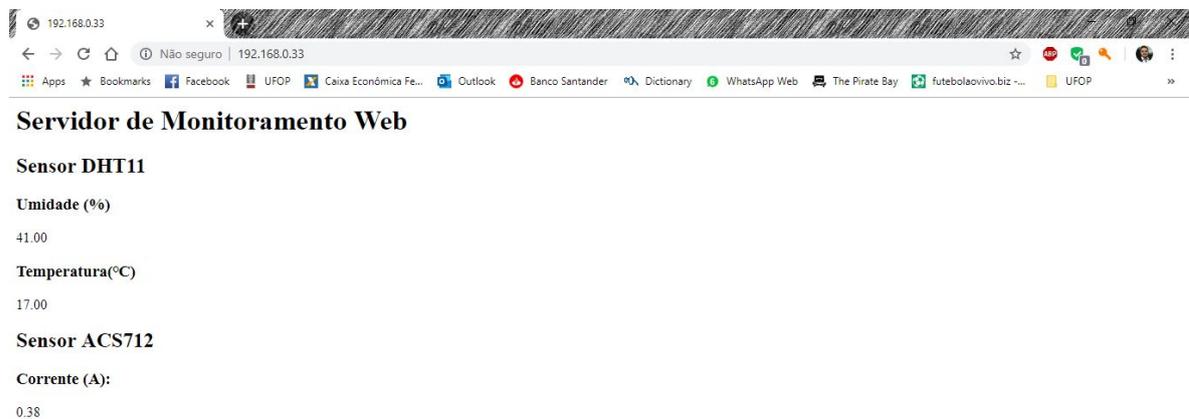


Figura 23 – Página do Servidor Web

Com a tela aberta, é possível acompanhar os valores de umidade, temperatura e corrente. A cada 5 segundos a página é atualizada com novas leituras.

# 5 Considerações Finais

## 5.1 Conclusão

O objetivo principal deste projeto foi alcançado, criando um protótipo de baixo custo, confiável, para realizar o monitoramento de correntes em máquinas elétricas e de temperatura e umidade onde elas encontram-se instaladas. Mesmo com o objetivo alcançado, alguns pontos devem ser salientados. A linguagem HTML, como já foi citada, é um padrão de marcação de texto, tornando-se limitada em alguns pontos.

O acesso local ao servidor garante uma segurança extra, pois a limitação física do sinal roteado impede que estranhos acessem os dados fora da empresa, mesmo tomando conhecimento da senha. Porém, pensando no futuro da indústria e em aplicações remotas, é interessante pensar no acesso fora da rede local, onde gestores, diretores e encarregados da tarefa pudessem acessar e acompanhar os dados a longa distância.

Outro fator relevante a ser analisado é a limitação dos sensores. O ACS712 apresenta uma limitação para altas potências, com corrente acima de 20A; e ruídos com correntes baixas, que tiveram que ser retirados na calibração do sensor. O DHT11 apresenta limitações quanto a resolução dos dados amostrados e área de cobertura. Apesar dos testes terem sido realizados em um equipamento de baixa potência monofásico, é possível que seja aplicado em circuitos trifásicos de alta potência, fazendo as devidas alterações.

Aplicações baseadas em IoT tem se destacado no cenário de automação. Assim, um servidor web com baixo custo é capaz de solucionar diversos problemas em inúmeras aplicações. O acesso remoto facilita tarefas cotidianas e garante economia de tempo. Tais quesitos comprovam a efetividade do projeto ao que ele se propõe.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Como o presente trabalho se fundamentou no desenvolvimento de um protótipo, o qual atingiu os objetivos propostos, vale ressaltar possíveis melhorias para trabalhos futuros.

- Utilização de um microcontrolador mais robusto, capaz de rodar um sistema operacional em tempo real. Um SO poderia administrar tarefas, tomar decisões pré-determinadas e gerar ações de acordo com as variáveis amostradas;
- Criação de um banco de dados para armazenamento dos dados e análise ou consulta futura dos mesmos;

- Utilização de sensores capazes de funcionar em ambientes mais inóspitos e em potências mais altas;
- Controle de acesso e telas multinível de usuários. Definindo operadores, manutentores, supervisores e administradores;
- Ações e interrupções de segurança de acordo com os dados.

# Referências

- ARDUINO. *ARDUINO UNO REV3*. 2019. Disponível em:<<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acessado em 01 de julho de 2019. 20, 22
- BRITO, E. *Qual a diferença entre os padrões de rede wireless B, G e N?* 2012. Disponível em:<<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/10/qual-diferenca-entre-os-padroes-de-rede-wireless-b-g-e-n.html>>. Acessado em 23 de junho de 2019. 31
- CAETANO, J. *Máquinas Elétricas Noções sobre Motores Síncronos e Assíncronos*. 2017. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=CAhuh49h0NI>>. Acessado em 11 de julho de 2019. 28
- CARVALHO, G. R. A indústria de laticínios no brasil: passado, presente e futuro. *Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E)*, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010., 2010. 16
- CASTELLS, M. *A Galáxia Internet: reflexões sobre a Internet, negócios e a sociedade*. [S.l.]: Zahar, 2003. 13, 14
- CRAWFORD, M. Transmission of ipv6 packets over fddi networks. 1998. 36
- ELETRICISTA, P. *Motor de Indução – funcionalidade, significado, dicas, passo a passo*. 2015. Disponível em:<<http://www.portaleletricista.com.br/motor-de-inducao-funcionalidade-significado-dicas-passo-a-passo/>>. Acessado em 11 de julho de 2019. 27
- ELETRÔNICA, B. da. *DHT11: Sensor de Umidade e Temperatura com Arduino Uno*. 2017. Disponível em:<<http://blog.baudaeletronica.com.br/dht11-com-arduino/>>. Acessado em 07 de julho de 2019. 23
- FAULKNER, S. et al. Html 5.2. W3C. Retrieved January, v. 17, p. 2018, 2017. 24
- GUTIÉRREZ, J. M. R. Arduino+ ethernet shield. *Línea*. Available: [http://unicarlos.com/\\_ARDUINO/Arduino](http://unicarlos.com/_ARDUINO/Arduino), v. 20, 2013. 20, 21
- HALLIDAY, D. *Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. Volume 3*. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000. 38
- JUSSARA. *JUSSARA: mais de 60 anos de pioneirismo, dedicação e rigor em qualidade*. 2019. Disponível em:<<https://www.leitejussara.com.br/institucional#historico>>. Acessado em 12 de julho de 2019. 16, 17
- KASAP, S. Hall effect in semiconductors. *Electronic Booklet*, 2001. 22
- LEINER, B. et al. The darpa internet protocol suite. *IEEE Communications Magazine*, IEEE, v. 23, n. 3, p. 29–34, 1985. 14
- MARKOS. *Motores Elétricos*. 2006. Disponível em:<<http://www.c2o.pro.br/automacao/apk.html>>. Acessado em 11 de julho de 2019. 25

- MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C. From the internet of computers to the internet of things. In: *From active data management to event-based systems and more*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 242–259. 15
- OLIVEIRA, J. de. Materiais usados na construção de motores elétricos. *Seminário Técnico, PUCRS*, 2009. 24, 25, 26, 27, 28
- PEREIRA, L. H. J. Monitoramento do consumo de energia elétrica e controle de equipamentos via aplicativo. 2018. 15, 23
- QUEIROZ, T. A. et al. Sistema embarcado linux para análise de sensores de temperatura dht11 e lm35. *Escola Regional de Informática do Piauí*, p. 1–6, 2016. 23
- RAGGETT, D. et al. *Raggett on HTML 4*. [S.l.]: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1998. 24
- SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2016. 15
- SOUZA, A. R. d. et al. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 33, n. 1, p. 01–05, 2011. 19
- SOUZA, F. *Arduino UNO*. 2013. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno>>. Acessado em 02 de julho de 2019. 20, 21
- TP-LINK. *Roteador Wireless N 150Mbps TL-WR740N*. 2019. Disponível em: <<https://www.tp-link.com/br/home-networking/wifi-router/tl-wr740n/>>. Acessado em 13 de julho de 2019. 29

# **Apêndices**

# APÊNDICE A – Código

```
1 //AUTOR: RAPHAEL BARBOSA REIS
2 //DATA: 25/05/2019
3 // Codigo baseado no projeto proposto no livro Arduino Basico
4 //de Michael McRoberts
5
6
7 // Bibliotecas
8 #include <SPI.h>
9 #include <Ethernet.h>
10 #include <dht.h>
11 #include <ACS712.h>
12
13 // Definicao das variaveis
14 float umid;// umidade
15 float temp; // temperatura
16 float current; // corrente
17
18 // Definicao do mac adress e do endereco de IP do dispositivo
19 byte mac[] = { 0x48, 0xC2, 0xA1, 0xF3, 0x8D, 0xB7 };
20 byte ip[] = { 192, 168 , 0 , 33 };
21 byte gateway[] = { 192, 168, 0, 1};
22 byte subnet[] = {255, 255, 255, 0};
23
24 // Inicia o servidor na porta 80
25 EthernetServer server(80);
26
27 //DHT11
28 #define dht_dpin A2 // Pino do sensor ligado a por Analogica A1
29 dht DHT; // Inicializa o sensor
30
31 //ACS712
32 ACS712 sensor(ACS712_20A, A4); // Definicao do modelo do sensor,
    no caso 20A, e da porta analogica.
33
34
35 void setup() {
36
```

```
37 // Inicia a ethernet e o servidor
38 Ethernet.begin(mac, ip);
39 server.begin();
40 sensor.calibrate();// calibracao do sensor
41 }
42
43 void loop() {
44
45
46   EthernetClient client = server.available(); // escuta a
         entrada de clientes
47
48   if (client)
49   {
50
51     boolean currentLineIsBlank = true; // uma solicitacao http
         termina com uma linha em branco
52
53     while (client.connected())
54     {
55       if (client.available())
56       {
57         char c = client.read();
58
59         if (c == '\n' && currentLineIsBlank) // Se a linha
         estiver em branco e o fim da linha for um caractere
         newline '\n' = fim da solicitacao HTTP
60         {
61
62           DHT.read11(dht_dpin); // Le as informa es do sensor
63           umid= DHT.humidity;
64           temp= DHT.temperature;
65           current= sensor.getCurrentAC(60);// 60Hz frequencia da
         rede
66
67           client.println("HTTP/1.1 200 OK"); // Resposta HTTP
         padrao
68           client.println("Content-Type: text/html\n");
69           client.println("<html><head><META HTTP-EQUIV=\""refresh"
         "CONTENT=\""5"\">\n");
70           client.println("<title><h1>Servidor de Monitoramento Web
         </h1></title></head>");
```

```
71     client.println("<body>\n");
72     client.println("<h2>Sensor DHT11</h2>");
73     client.println("<h3>Umidade (%)</h3>");
74     client.print(umid);
75     client.println("<br/>");
76     client.println("<h3>Temperatura (&#8451)</h3>");
77     client.println(temp);
78     client.println("<br/>");
79     client.println("<h2> Sensor ACS712</h2>");
80     client.println("<h3> Corrente (A): </h3>");
81     client.println(current);
82
83
84
85     break;
86 }
87
88 if (c == '\n')
89 {
90     currentLineIsBlank = true; // Iniciando uma nova linha
91 }
92 else if (c != '\r')
93 {
94     currentLineIsBlank = false; // A linha atual tem um
95     caractere nela
96 }
97 }
98 }
99
100 delay(1); // Permite um intervalo de tempo suficiente para
101     que o navegador receba os dados
102 client.stop(); // Fecha a conexao
103 }
```

# APÊNDICE B – Dados amostrados

## B.1 Corrente [A]

0,41	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38
0,4	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39
0,4	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39
0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39
0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38
0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	0,37
0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37

## B.2 Temperatura [°C]

19	19	19	19	20	20	20	20	19	19
19	19	19	19	20	20	20	20	20	19
19	19	19	19	20	20	20	20	20	19
19	19	19	19	20	20	20	20	20	19
19	19	19	19	20	20	20	20	19	19
19	19	19	19	20	20	20	20	19	20
19	19	19	19	20	20	20	20	19	20
19	19	19	19	19	20	20	20	19	20
19	19	19	20	19	20	20	20	19	20
19	19	19	20	19	20	20	19	19	20
19	19	19	20	19	20	19	19	19	20
19	19	19	20	20	20	19	19	19	20

### B.3 Umidade [%]

36	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	37	37	36	37	37	37	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	37	36	36	36	37	36	36	36	36
37	37	37	36	36	37	37	36	36	36
37	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	36	36	36	37	36	36	36	36
37	37	36	36	37	37	36	36	36	36

Certifico que o aluno Raphael Barbosa Reis, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “Servidor web para monitoramento de corrente, temperatura e umidade em máquinas elétricas” efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

*Karla Palmieri*

---

Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Orientadora

Ouro Preto, 07 de agosto de 2019.