

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SEGURANÇA PARA VERIFICAÇÃO DE ESCORVA DO CONJUNTO MOTOBOMBA

Caio Mancini Parlato, Engenheiro Mecânico, Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama,
Parána, Brasil, caio.parlato@edu.unipar.br1

Nelcides Oliveira Junior, Engenheiro Mecânico, Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama,
Parána, Brasil, nelcides.junior@edu.unipar.br1

Alexandre de Castro Salvestro, Engenheiro Agrícola, Universidade Paranaense – UNIPAR,
Umuarama, Parána, Brasil, alexandrecaastro@prof.unipar.br2

Resumo: Diversas empresas, áreas rurais e até mesmo urbanas utilizam de bombas centrífugas para realizar o processo de captação de água em reservatórios localizados em áreas mais baixas, de forma a transportar para cotas superiores. Porém, mesmo com o grande cuidado que os proprietários destes dispositivos tendem a ter com a mesma, muitas destas bombas acabam sendo danificadas por não ter a instalação de um sistema que as impossibilitem de funcionar sem estarem completamente preenchidas de água. Com foco na área de automação, eletrônica e elétrica, este trabalho vem com o objetivo de criar um sistema no qual não permita que os conjuntos motobombas trabalhem sem a condição de estarem escorvados, reduzindo completamente os danos que poderiam ser provocados caso os mesmos continuassem trabalhando a seco. Após o desenvolvimento de todo o projeto obteve-se que é possível, por meio de uma placa de Arduino, realizar o controle funcional destas bombas, controlando-as de acordo com a presença de água pela tubulação significando o estado de escorva de todo o conjunto.

Palavras-chave: Bombas centrífugas, escorva, Arduino.

DEVELOPMENT OF SENSORS FOR CHECKING THE PRIMER OF MOTOR PUMP

Abstract: Several companies, rural and even urban areas use centrifugal pumps to carry out the process of capturing water in reservoirs in lower areas, in order to downstream for higher quotas. However, even with the great care that the owners of these devices tend to have the same, many of these pumps end up being damaged by not having a system installed that make it impossible to function without being completely filled with water. Focused on the area of automation, electronics and electrical, this work aims to create a system where it does not allow the pump sets to work without a condition of being primed, which can be completely caused by the damage that can be caused if they continued to work dry After the development of the entire project obtained, if possible, using an Arduino board, perform the functional control of these pumps, controlling according to the presence of water through the pipe, meaning the priming state of the whole set..

Keywords: Motor pumps, primer, Arduino.

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos antigos, a obtenção da água por meios que incluem a captação de poços, lagos e açudes sempre foi um dos grandes problemas perante todo o mundo, principalmente no que se refere em regiões menos beneficiadas que se localizam longe de reservatórios naturais de água. Diante dessas regiões, se viu a necessidade de meios alternativos de conduzir e estocar a água para que ela seja distribuída e utilizada por essas populações. Assim não se pode negar a importância de bombas para condução de fluidos, tanto como água potável, quanto como outros que são comumente vistos em indústrias (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2009).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2009), bombas podem ser definidas como aparatos com a função de deslocar um fluido impondo uma aceleração a ele através de uma energia cinética, energia em forma de pressão, ou ambas as duas juntas transmitidas por pás que giram devido ao movimento disseminado pelo motor da turbobomba onde normalmente é movido por energia elétrica. Suas pás permanecem dentro de uma peça chamada de rotor, por onde o fluido atravessa e é deslocado (MACINTYRE, 1997). De acordo com Azevedo Netto (1998), essas turbobombas são usadas na maioria das vezes para obter água potável ou não potável e em esgotos.

Para o funcionamento adequado da bomba, existem alguns procedimentos essenciais a serem realizados, como por exemplo, a escorva. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2009), a escorva é a ação de compor o conjunto motobomba para que este possa ser ativado, sendo ele preenchido por água ou outro fluido que será bombeado e removendo o ar que estava presente antes no interior do sistema, incluindo também a tubulação de sucção que deverá ser completamente preenchida pelo fluido. Este processo vale tanto para bombas pequenas comuns, quanto grandes (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2009).

Para que não ocorra o esvaziamento da tubulação e da turbobomba após a primeira escorva, há a necessidade da instalação de uma válvula de pé e crivo na ponta inferior do sistema de canalização de sucção. Esta pode ser definida como uma peça para tubulações cujo principal objetivo é permitir passagem de fluido em um único sentido, sendo que seu crivo funciona de maneira a impedir o acesso de partículas sólidas (SOARES, 2015).

Todavia para o funcionamento assertivo da turbobomba escorvada, pode-se utilizar dispositivos de comando, também chamados de mecanismos de comando ou sensores, sendo estes definidos, conforme cita Willian F. Miranda (2018), como equipamentos que dispõem de indícios elétricos para se comunicar com outros dispositivos acerca da disponibilidade deste outro poder funcionar, desativar e/ou manter desativado.

Para tanto, para estes mecanismos funcionarem de acordo com a certeza da bomba centrífuga escorvada, é necessária alguma adaptação que leia informações e certifique esta situação, como sensores. Os sensores são equipamentos que impõem respostas ao identificar, por meio de sua sensibilidade, formas de energias do ambiente, como luminosidade, correlacionando a alguma grandeza, como temperatura e corrente elétrica, que deverá ser aferida (THOMAZINE; ALBUQUERQUE, 2011).

Mediante a problemática relacionada aos danos que a perda ou inexistência da escorva no conjunto motobomba possa ocasionar, este trabalho tem como objetivo a criação de um dispositivo de comando em conjunto com sensores nos quais avaliaram a condição de escorva da bomba centrífuga, permitindo que a mesma somente funcione caso esteja escorvada evitando seu colapso.

2. METODOLOGIA

O projeto de sensores para verificação do conjunto motobomba teve como base a problemática descrita na obra *Bombas e Instalações de Bombeamento* (1997), com a autoria

de Macintyre, onde são explicados os problemas causados pelo funcionamento da turbobomba trabalhando a seco como trepidações, ruídos e conseqüentemente sua falha no funcionamento.

Para projetar e desenvolver o modo de funcionamento dos sensores para verificação da turbobomba escorvada, foram analisadas algumas etapas, como:

- Sensor utilizado para reconhecer a escorva da motobomba;
- Local de instalação do sensor;
- Modelo de Arduino;
- Sistema de interação dos dados do Arduino com o usuário;
- Dispositivo de programação do Arduino;
- Algoritmo de programação;
- Sistematização elétrica.

2.1. Sensor

Para reconhecimento da presença de água e coleta dos dados pela completa carcaça do rotor da bomba centrífuga e na tubulação de sucção, foi usado um sensor de nível de líquido sem contato, representando pela Figura 1, onde segundo a Usinainfo (2020), o mesmo pode ser colocado em tubulações ou reservatórios pelo lado de fora, mesmo que eles não tenham suas carcaças completamente incolor, logo este benefício permite que o sensor possa ter uma maior vida útil de projeto sem ocorrências com problemas como a oxidação. No que se trata sobre o mesmo referido autor, o sensor de nível de água, ao ser instalado corretamente de forma fácil, como fixado por fita ou algo semelhante, tem a capacidade de emitir um sinal que reconhece a presença do fluido, e após, comunica-se com o Arduino levando-o a ele realizar a função pelo qual está programado para executar. Nesta situação, o sensor será utilizado para identificar o nível da água acima da tubulação da bomba centrífuga, confirmando ou não sua escorva, e por intermédio do Arduino, permitir ou não que a bomba seja ativada. A escolha deste sensor se deu por sua capacidade de identificar facilmente a água presente na tubulação onde será posicionado e por situar-se ao lado externo da parede do tubo, não influenciando na vazão e fluxo da água. Além disso, por permanecer fora da estrutura do cano, existe a menor probabilidade de o sensor contaminar a água e ser danificado por ela e sua

pressão que estará sendo emitida devido a sua velocidade fornecida pelo conjunto motobomba.

Figura 1 - Sensor de níveis de líquido sem contato.

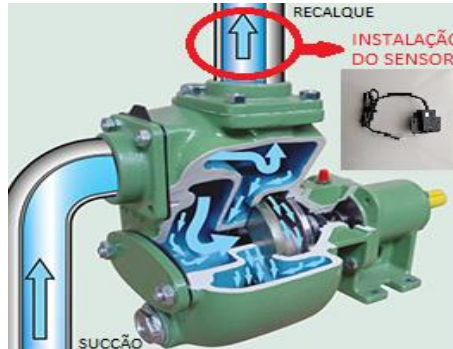


Fonte: Alibaba (2020).

2.2. Local de Instalação do Sensor

Tendo como objetivo analisar a escorva de todo o conjunto motobomba e tubulação de sucção, o sensor deverá ser instalado em uma região que permita a certeza desta condição, assim, foi decidido que o melhor local para o instalar seria na tubulação de recalque, logo após, o bocal de saída de água da bomba centrífuga, ilustrado pela Figura 2. Desta maneira, após a tubulação de sucção ser preenchida, e também o rotor da turbobomba, a divisão entre o bocal desta e a tubulação de recalque será a próxima parte na qual a água irá preencher sendo identificada pelo sensor e permitindo que ele detecte e repasse a informação ao Arduino. Contudo, este sistema tem a necessidade que o procedimento de escorva seja realizado de modo ao nível de água permanecer dentro ou acima do nível da tubulação no qual está instalado o sensor.

Figura 2 - Local de instalação do sensor.



Fonte: Pronex (2020) editado pelos autores.

2.3. Arduino

Após realizada a função do sensor de analisar a escorva do conjunto motobomba, seus dados deverão ser encaminhados e lidos por um sistema de processamento para que seja tomada alguma decisão, como a de ligar, não ligar ou desligar a bomba centrífuga. Estes dados serão coletados por uma plataforma de inteligência denominado Arduino de modelo Mega 2560 (Figura 3). Além de reconhecer os sinais emitidos pelo sensor, o Arduino terá a função de tomar as decisões do sistema através das funções que lhe serão atribuídas por meio da programação e repassar informações a um sistema de interação com o usuário para que ele compreenda a condição que a bomba se encontra.

Figura 3 - Modelo de Arduino Mega 2560.



Fonte: Autores.

2.4. Sistema de Interação

Após o sensor verificar o estado em que a bomba se encontra, sendo escorvada ou não, e transmitir suas informações por meio de pulsos para o Arduino, este irá encaminhar uma mensagem a uma tela para que o usuário consiga compreender de forma simples e objetiva este estado, podendo ser redigido como “escorvado” quando o sistema estiver completamente cheio de água, “não escorvado” caso a situação seja inversa, ou apresentar a contagem de segundos do delay.

Para repassar esta mensagem, o Arduino irá dispor de um display de LCD, como demonstra a Figura 4, cujo contraste será controlado por um potenciômetro, sendo possível descrever informações em tempo real. Os displays são de grande importância para sistemas que envolvem o Arduino, sejam eles simples ou incongruentes, pois permitem a qualquer pessoa maior compreensão do que está sendo executado (USINAINFO, 2020).

Sendo assim, além do Display, outro aparelho incluso ao sistema de interação será um LED, cuja sua funcionalidade ocorrerá de maneira acender quando a bomba estiver escorvada e no display estiver escrito escorvado, e apagado quando a situação for inversa.

Figura 4 - Exemplo de display de LCD.



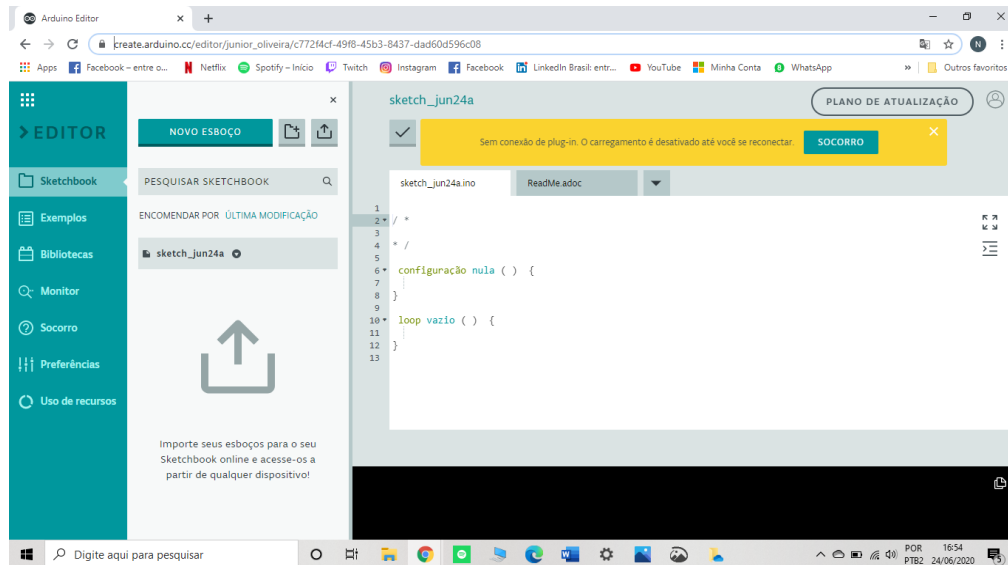
Fonte: Usinainfo (2020).

2.5. Dispositivo de Programação do Arduino

A alimentação dos dados de um Arduino foi feita por meio de uma porta USB (Universal Serial Bus) conectando-a a um dispositivo eletrônico que tem em si, instalado o software de programação e fazendo upload do código da máquina para a placa (USINAINFO, 2020). Para este projeto foi escolhido um computador onde irá executar o aplicativo de programação de códigos da placa de Arduino. Nele será possível executar este aplicativo móvel, denominado Arduino Web Editor (create.arduino.cc), onde se criará as informações que serão compiladas ao Arduino usando-o de intermediação entre elas e a placa, a ilustração pode ser encontrada na Figura 5. Para o software de programação do Arduino foi utilizado o editor em web

disponibilizado pelo site do Arduino, o Arduino Web Editor, como o próprio site Arduino (2020) diz, permite elaborar e editar algoritmos além de diversas outras ferramentas disponibilizadas.

Figura 5 - Software de programação do Arduino.



Fonte: Autores.

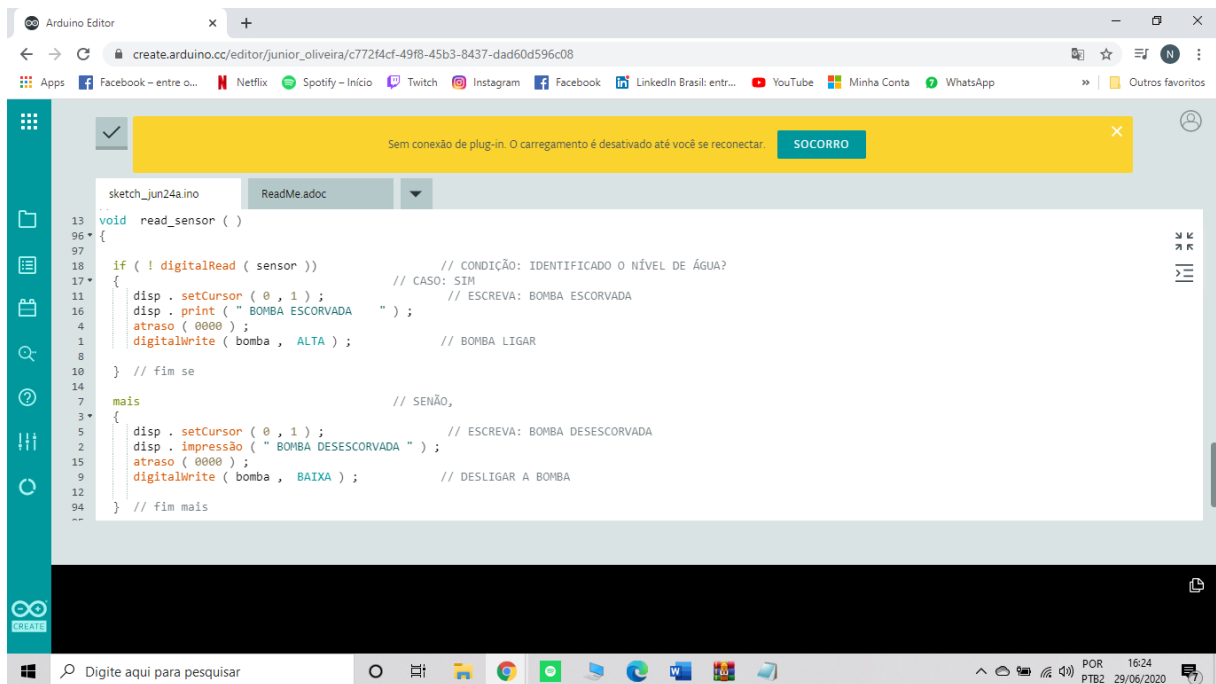
2.6. Algoritmo de Programação

No que se refere a este projeto, para que ele haja em conformidade com o objetivo de somente permitir o funcionamento da bomba quando esta estiver completamente preenchida com água, foi necessário realizar a junção de três algoritmos específicos para cada parte do sistema eletroeletrônico, assim o sensor, o display e toda a parte elétrica irão trabalhar em conjunto para o pleno funcionamento.

Para o comando do sensor, do sistema elétrico, do display e do LED, tem-se como base o algoritmo já fornecido pela própria vendedora do sensor de nível de líquidos, porém, tem a necessidade de algumas alterações para o funcionamento adequado requisitado nesta situação (Figura 6). Neste algoritmo será escrita toda a programação de todos os comandos essenciais para que o sensor realize suas funções principais e repasse informações aos microcomputadores do Arduino, além disso, é por através dele que será incluso o controle da parte elétrica vinculada a alimentação da bomba e assim ativá-la juntamente com o LED, após um delay de 180 (cento e oitenta) segundos, caso a condição “escorvada” repassada pelo sensor esteja ocorrendo. O mesmo acontece com o display, que também será controlado pela

situação que a leitura do sensor disponibilizar, aparecendo em sua tela de LCD a informação necessária para o usuário. O delay funcionará de modo somente a ativar os outros dispositivos e descrever “escorvado” no display após o sensor permanecer 180 (cento e oitenta) segundos seguidos identificando a presença de água dentro da tubulação. Caso por algum momento, o sensor não identifique mais a presença de água, porém logo após volte a identificar, a contagem do delay será resetada iniciando novamente. O propósito deste delay é impossibilitar que o contator ative e desative várias vezes seguidas durante o processo de escorva, no qual existe a possibilidade de o ar ainda estar saindo dos canos de sucção, abaixando o nível de água pelo fato do ar estar subindo e saindo dos tubos.

Figura 6 - Algoritmo para programação.



```
sketch_jun24a.ino  ReadMe.adoc
13 void read_sensor ( )
14 {
15     if ( ! digitalRead ( sensor ))           // CONDIÇÃO: IDENTIFICADO O NÍVEL DE ÁGUA?
16     {                                       // CASO: SIM
17         disp . setCursor ( 0 , 1 ) ;       // ESCREVA: BOMBA ESCORVADA
18         disp . print ( " BOMBA ESCORVADA " ) ;
19         atraso ( 0000 ) ;
20         digitalWrite ( bomba , ALTA ) ;   // BOMBA LIGAR
21     } // fim se
22
23     mais                                     // SENÃO,
24     {
25         disp . setCursor ( 0 , 1 ) ;       // ESCREVA: BOMBA DESESCORVADA
26         disp . impressão ( " BOMBA DESESCORVADA " ) ;
27         atraso ( 0000 ) ;
28         digitalWrite ( bomba , BAIXA ) ; // DESLIGAR A BOMBA
29     } // fim mais
30 }
```

Fonte: Autores.

2.7. Sistematização Elétrica

Para interligar o Arduino e a alimentação da bomba centrífuga, de modo que ele possa ligá-la e desligá-la, será elaborado um sistema elétrico conectado à protoboard ligado ao Arduino de maneira que este possa controlá-la.

De acordo com Mattede (2020), para que este sistema funcione adequadamente, serão utilizados vários dispositivos elétricos interligados entre si, dentre eles destacam-se uma placa

de relé de cinco Volts, representada pela Figura 7 e um contator (Figura 8). Logo o contator terá a função de alimentar a bomba, seja ele 110 Volts ou 220 Volts em corrente alternada, assim, ela terá uma alimentação com uma dessas tensões, sendo que a escolha de uma delas dependerá da tensão da turbobomba, porém, para sua proteção, será instalado um disjuntor de segurança na fiação da alimentação antes dos fios serem conectados ao contator.

Figura 7 - Placa de relé de 5V.



Fonte: 3Hobby_Store (2020).

Figura 8 – Contator.



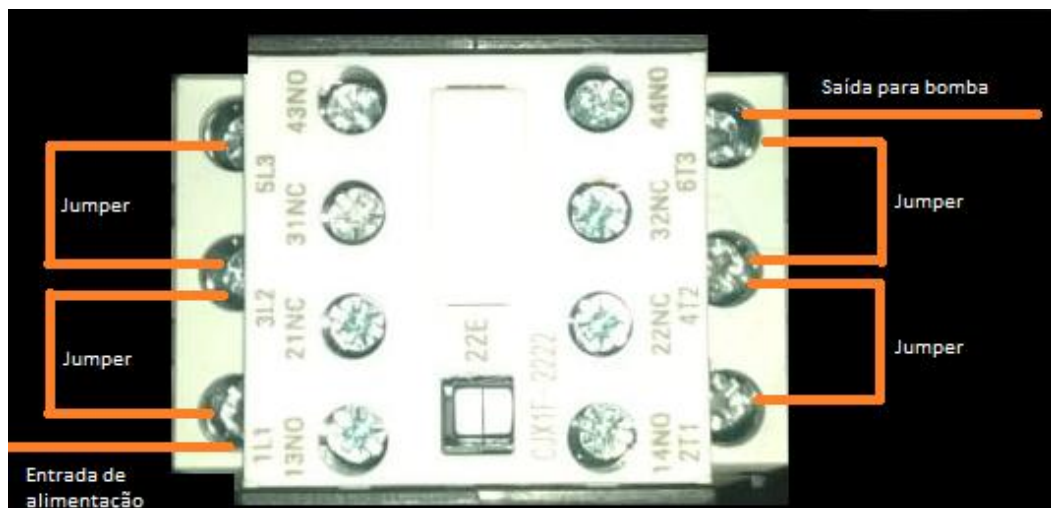
Fonte: Eletricablue (2020).

No entanto, ainda de acordo com o autor citado anteriormente, como a tensão dos pinos da placa gira em torno de 5 Volts em corrente contínua, não haverá como ligá-la diretamente com o contator, desta maneira, existe a necessidade de usar um relé de 5 Volts no qual irá controlar a passagem de corrente elétrica alternada predial, permitindo ou impossibilitando a passagem dela de acordo com o Arduino, controlando o contator e conseqüentemente a

alimentação da motobomba. O relé por meio de sua placa, estará ligado aos pinos do Arduino e ao contator, de forma que quando a placa transmitir o comando de ativar o conjunto motobomba, ela irá alimentar a bobina do relé e fechar o contato deste, que por sua vez, irá permitir a passagem de corrente elétrica ativando o contator, que então permitirá a passagem de energia de alimentação da bomba permitindo que esta seja ativada. Há também, por questões de segurança, a necessidade da instalação de um disjuntor ligado ao fio vindo de uma tomada que irá ser conectado ao relé, sendo este capaz de impossibilitar a passagem da energia caso ocorra um curto circuito ou sobrecarga.

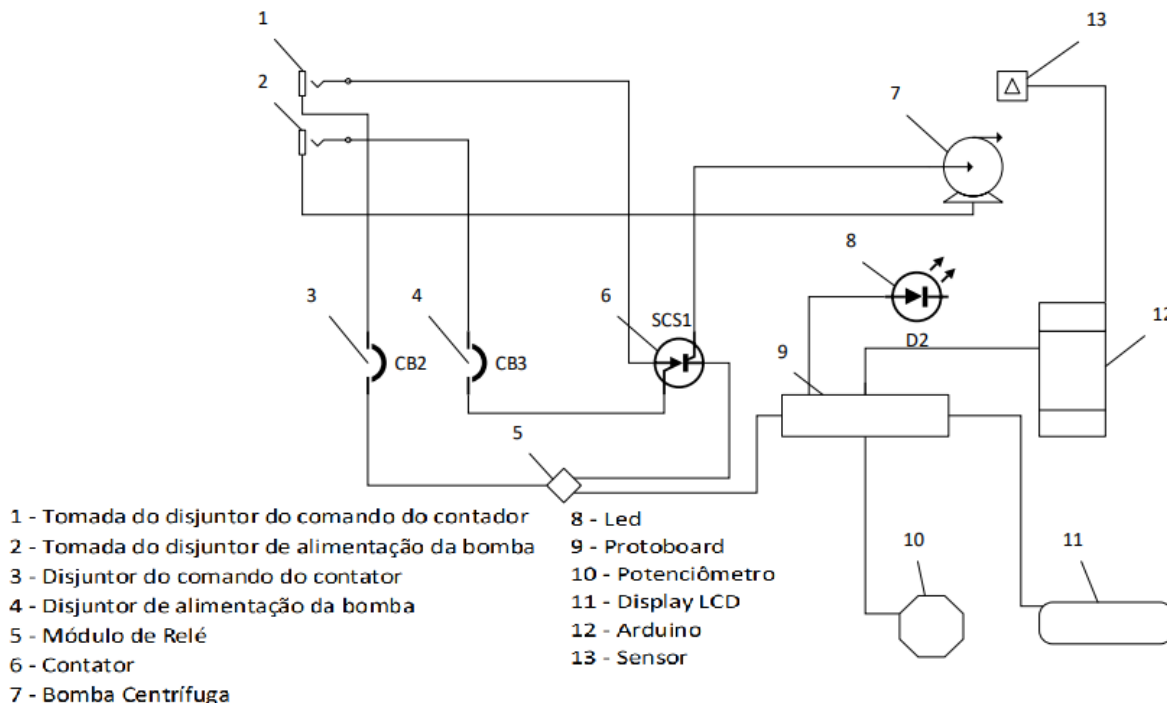
Para que a função deste sistema seja realizada com êxito, o presente contator deverá ser ligado em série com dispositivo de acionamento manual do usuário controlador da turbobomba, estando posicionado entre este dispositivo e a máquina. Sendo assim, mesmo que o usuário tenha a intenção de ligar a bomba, ao ativar seu dispositivo de alimentação, o contator irá bloquear a passagem de corrente caso esteja desativado, sendo somente ativado quando o sensor reconhecer a escorva e encaminhar esta condição ao Arduino, que irá fechar o contato do relê, e este em sua vez, irá ligar o contator. O esquema de ligação do contator para um motor monofásico e o diagrama P&ID de todos os componentes elétricos e eletrônicos são demonstrados pelas Figuras 9 e 10 respectivamente.

Figura 9 - Esquema de ligação do contator para um motor monofásico.



Fonte: Mattede (2020).

Figura 10 - Diagrama de ligação dos componentes P&ID.



Fonte: Autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Sensor

Obteve-se que o sensor capacitivo de nível de líquidos sem contato de modelo escolhido, WS-03 (Figura 11), teve um resultado adequado com o funcionamento desejado, possibilitando o rápido reconhecimento da água dentro da tubulação de PVC (Policloreto de Vinila) e consequentemente a presença da escorva do conjunto motobomba, sendo que este somente identificava a presença de água quando toda a tubulação estava completamente preenchida, não sendo influenciado apenas pelo fato de ocorrer humidade ou um pequeno escorrimento de água nas paredes internas dos tubos. O sensor de níveis de líquido sem contato também proporcionou a nítida comunicação com o Arduino, sendo possível o repasse de sinais dentre ambos e consequentemente o controle do sistema de verificação de escorva do conjunto motobomba. Tem-se também que o sensor apresentou ótimos benefícios quanto ao fato de não necessitar entrar em contato com a água que estava sendo bombeada, permitindo que esta realize um fluxo sem intervenções ocasionadas pelo referido aparato e que este venha a ter uma vida útil maior sem as perturbações provocadas pelo líquido. O presente sensor

também apresentou uma ótima vantagem em relação à instalação, já que ele permite uma grande variedade de formas na qual pode ser fixado. Assim, demonstra-se que o sensor teve bons resultados quanto ao que se era esperado diante da elaboração do projeto. Deste modo, segue algumas atribuições em relação as especificações do sensor para futuras análises:

- Modelo: WS-03;
 - Tensão de Trabalho: 5 Volts;
 - Corrente Máxima de Saída: 30mA;
 - Saída: digital;
 - Revestimento: Plástico ABS;
 - Temperatura de Trabalho: 0 a 60°C;
 - Comprimento de Campo de Indução: até 10mm;
 - Comprimento do Fio: 35cm;
 - Dimensões: (Comprimento x Largura x Espessura): 32x18x10mm;
 - Peso: 12g;
- Referência: USINAINFO (2020).

Figura 11 - Sensor utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

3.2. Local de Instalação do Sensor

No que se refere ao local determinado para a instalação do sensor, aferiu-se que a região da tubulação, logo após o bocal de saída de água da bomba centrífuga, conforme representado pela Figura 12, apresentou resultados apropriados, permitindo ao sensor o reconhecimento do preenchimento por completo de toda a tubulação de sucção e do conjunto motobomba quando o nível de água chegasse no local no qual foi selecionado, e desativando a bomba quando ocorria a falta de água neste mesmo local referido, sendo assim cumprida sua função primordial.

Figura 12 - Local de instalação do sensor.



Fonte: Autores.

3.3. Arduino

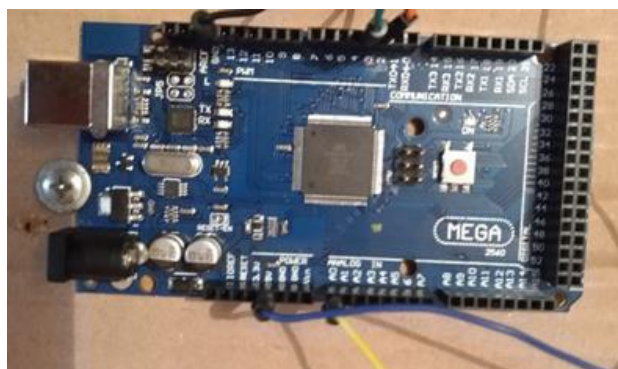
O Arduino de modelo Mega 2560 (Figura 13), controlado pelo algoritmo, cujo teve a função efetiva de receber, ler e enviar dados, teve uma excelente compatibilidade com os outros dispositivos eletrônicos, além de executar com êxito as funções necessárias para o funcionamento de todo o sistema, lendo de forma adequada os dados providos por meio do sensor, administrando o funcionamento do módulo de relé para ativar e desativar a motobomba e definindo o texto à ser escrito no display para repassar as informações ao usuário. As especificações técnicas do Arduino são citadas logo abaixo:

- **MODELO:** Arduino Mega 2560;

- Micro-controlador ATmega 2560 com clock de 16 MHz;
- Regulador de 5V (AMS1117 – 1 A);
- Regulador de 3,3V (LpP2985 com apenas 150 mA);
- 4 portas seriais de hardware:
 - Serial 0 = TX0 (D1) e RX0 (D0);
 - Serial 1 = TX1 (D18) e RX1 (D19);
 - Serial 2 = TX2 (D16) e RX2 (D17);
 - Serial 3 = TX3 (D14) e RX3 (D15).
- Uma porta I2C:
 - I2C: SDA (D20) e SCL (D21).
- Uma porta SPI:
- MOSI (D51), MISO(D50), SCK(D52) e SS(D53):
 - 16 portas analógicas do conversor ADC (A0 até A15);
 - 12 portas PWM de 16 bits (D2 a D13);
 - 32 portas Digitais multifunção;
 - Um LED para TX0 e um para RX0 (interface serial 0);
 - Um LED conectado ao pino D13.

Referência: MURTA (2018).

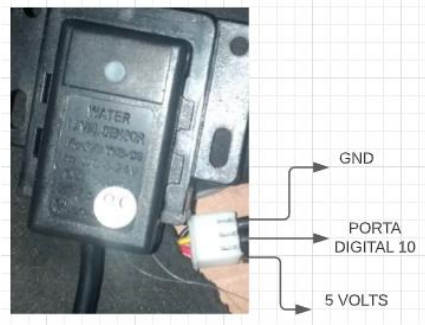
Figura 13 - Arduino de modelo Mega 2560 utilizado.



Fonte: Autores.

Sendo de suma importância a conexão correta dos fios do sensor, display, potenciômetro, LED e Módulo de Relé para o perfeito funcionamento do Arduino e do projeto, segue, conforme Figuras 14, 15, 16 e 17 respectivamente, os esquemas de ligações de todos os componentes.

Figura 14 - Esquema de ligação do sensor de líquidos sem contato.



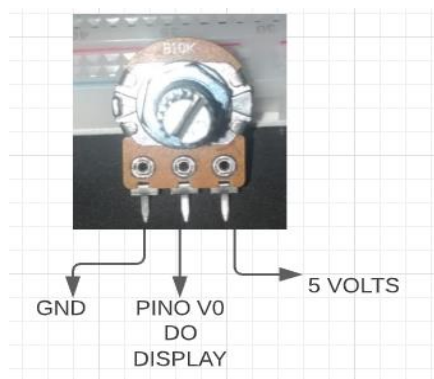
Fonte: Autores.

Figura 15 - Esquema de ligação do display.



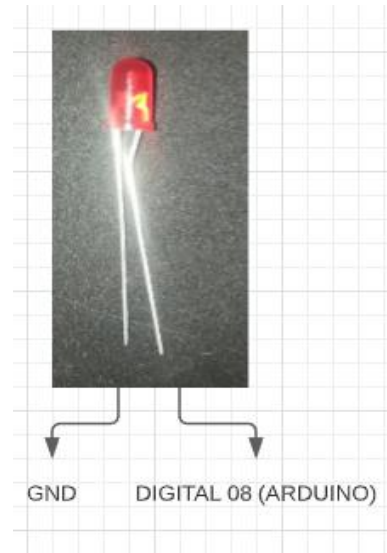
Fonte: Autores.

Figura 16 - Esquema de ligação do potenciômetro.



Fonte: Autores.

Figura 17 - Esquema de ligação do LED.



Fonte: Autores.

3.4. Sistema de Interação

Tem-se que o display (Figura 18), dispositivo pelo qual forma o sistema de interação juntamente com o LED, funcionou de forma a projetar ao usuário, ou qualquer pessoa que venha a controlar a bomba, toda a informação necessária para que fosse compreendida a situação em que a bomba está a qualquer momento, sendo escrito “escorvada”, “não escorvada” ou realizando a contagem do delay. Desta maneira, qualquer pessoa com o conhecimento sobre o funcionamento do dispositivo de verificação de escorva do conjunto motobomba consegue controlar o sistema de maneira clara e correta. Além disto, o display atuou de maneira completamente compatível com a placa do Arduino e a protoboard, sendo utilizado um potenciômetro de resistividade 10K (conforme Figura 19) ligado à protoboard para alterar as configurações de contraste do display.

- Especificações do Display:
 - Modelo: LCD;
 - Dimensões: 80mm x 36mm x 12mm;
 - Dimensões dos caracteres: 3mm x 5.02mm;
 - Número de linhas: 2;

Número de colunas: 16.

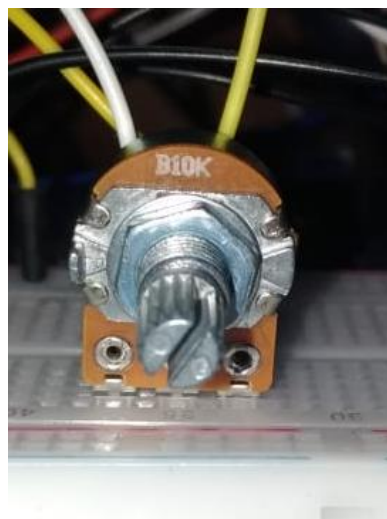
Referência: STA EFIGÊNIA. (2020).

Figura 18 - Display utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

Figura 19 - Display utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

3.5. Algoritmo de Programação

Nesta etapa teve como necessidade a elaboração de um algoritmo capaz de desempenhar todo o objetivo deste presente projeto descrito perante este trabalho. Assim, o algoritmo, representado pela Figura 20, se dispôs de funções que abrangessem todos os dispositivos ligados a ele, como sensor, módulo de relé e display. Por fim, obteve-se um algoritmo que desempenhou um papel ideal para o funcionamento e execução do projeto, realizando todas

as aplicabilidades necessárias, principalmente no que se trata ao comando de verificação da escorva e no delay de 180 segundos, função na qual proporcionou ótimos resultados impossibilitando que a bomba pudesse ser ativada quando houvesse alguma oscilação no nível de água da bomba, seja ela durante o procedimento de escorva ou no momento em que surgisse a falta de água caso ocorresse algum equívoco na tubulação de sucção, promovendo a falta de água na mesma e na bomba centrífuga.

Figura 20 - Algoritmo de programação utilizado.

```
#include <LiquidCrystal.h>

#define LED 8
#define BOMBA 9
#define SENSOR 10

uint8_t contador = 0;

const long interval = 1000;
unsigned long previousMillis = 0;

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

void setup()
{
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(BOMBA, OUTPUT);
  pinMode(SENSOR, INPUT_PULLUP);

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
}

void loop()
{
  unsigned long currentMillis = millis();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SITUACAO:");

  if (digitalRead(SENSOR) == true)
  {
    previousMillis = currentMillis;
    contador = 0;

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("          ");
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print("NAO ESCORVADO");

    digitalWrite(BOMBA, true);
    digitalWrite(LED, false);
  }
  else
  {
    if (currentMillis - previousMillis >= interval)
    {
      previousMillis = currentMillis;
      contador++;

      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("          ");
      lcd.setCursor(6, 1);
      lcd.print(contador);
      lcd.setCursor(10, 1);
      lcd.print("de 180");

      if (contador >= 180)
      {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("          ");
        lcd.setCursor(7, 1);
        lcd.print("ESCORVADO");
        digitalWrite(BOMBA, false);
        digitalWrite(LED, true);
      }
    }
  }
}
```

Fonte: Autores.

3.6. Sistematização Elétrica

Para esta etapa, foram instalados um disjuntor ligado à alimentação de energia alternada predial e ao módulo de relé, sendo este último, conectado ao relé do contator que irá controlar a passagem de corrente elétrica pelos fios de alimentação da bomba centrífuga. Quanto ao sistema de fios de alimentação da motobomba foi acrescentado um disjuntor antes que eles fossem conectados ao contator para sistema de proteção, deste modo, caso a corrente que percorrerá pelos fios sejam de capacidades maiores à do contator, ou ocorra um curto circuito, o disjuntor irá desabilitar sua passagem. Pois então, caso a corrente permaneça em valores permitidos pelo disjuntor, ela irá chegar até o contator, que, por intermédio do Arduino e do módulo de relé, desempenharam de maneira eficiente a função de controlar o funcionamento da turbobomba dependendo do nível de líquido presente na escorva. Para tanto, segue algumas especificações técnicas de cada elemento desta etapa:

- Contator (Figura 21)
 - Tensão de funcionamento da bobina: 110V;
 - Frequência de funcionamento da bobina: 60Hz;
 - Corrente de funcionamento da bobina: 16 à 25A.

Referência: Autores.

Figura 21 - Contator utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

- Disjuntor Ligado ao Contator (Figura 22)
 - Tensão de funcionamento: 110V;
 - Corrente máxima permitida: 20A.

Referência: Autores.

Figura 22 - Disjuntor do contator utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

- Módulo de Relé (Figura 23)
 - Marca: Chip Sce;
 - Tensão de Operação: 5VDC (VCC e GND);
 - Tensão de Sinal: 5 VCD (Entrada 01 e Entrada 02);
 - Corrente Típica de Operação: 15~20mA;
 - Cada relé possui 3 terminais proporcionando 1 contato NA, 1 NF e o Comum;
 - Contato do relé permite tensão de até 250VAC a 10^a;
 - Tempo de resposta: 5~10ms;
 - Indicador LED de funcionamento;
 - 4 furos de 3mm para fixação nas extremidades da placa;
 - Dimensões: 51mm x 38mm x 20mm.

Referência: ELETROGATE (2020).

Figura 23 - Módulo de relé utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

- Disjuntor Ligado ao Módulo de Relé (Figura 24)
 - Tensão de funcionamento: 110V;
 - Corrente máxima permitida: 10A.

Referência: Autores.

Figura 24 - Disjuntor do módulo de relé utilizado no projeto.



Fonte: Autores.

4. CONCLUSÕES

Aplicando-se a utilização de uma placa de processamento de modelo Arduino, adequadamente programada, e os demais componentes especificados no decorrer deste trabalho em um sistema de captação de água onde se utiliza uma bomba centrífuga de alimentação elétrica, no qual as tubulações utilizadas são feitas de cano fabricado em PVC, obteve-se que é possível a perfeita elaboração de um sistema, conforme Figura 25, capaz de verificar a escorva de um conjunto motobomba, e com isto controlar o seu funcionamento de maneira a evitar possíveis danos ocasionados pelo trabalho da motobomba a seco, ou seja, não escorvada. Desta forma, notou-se que o projeto, no qual pode ser considerado um método de segurança, impediu a todo instante decorrente de falta de água, que a turbobomba continuasse ligada, sendo que somente seria possível a sua partida novamente, caso ocorresse a presença de água detectada pelo sensor por durante 180 (cento e oitenta) segundos consecutivos. Portanto, se pode afirmar que o objetivo deste trabalho foi alcançado, tendo a validação da provável utilização deste projeto em situações reais voltado para um público de interesse em prevenir riscos e possíveis prejuízos futuros em sistemas de captação

de água.

Figura 25 - Sistema de segurança para verificação de escorva do conjunto motobomba.



Fonte: Autores.

Diante disto, segue alguns links referentes à vídeos dispostos na internet demonstrando o funcionamento do projeto de desenvolvimento de sistema de segurança para verificação de escorva do conjunto motobomba:

- Funcionamento do sistema de sensores para verificação de escorva do conjunto motobomba: <https://youtu.be/9YkSlrP41rc>;
- Teste de falta de água para o sistema de sensores para verificação de escorva do conjunto motobomba: <https://youtu.be/UNsB0ntCet4>.

Sugere-se a continuidade dos estudos em trabalhos futuros, a elaboração de sistemas com sensores onde seja praticável a utilização em tubulações fabricadas com outros materiais, de forma que seja possível a mesma aplicação deste projeto elaborado, assim como a utilização de um outro sensor posicionado na tubulação de sucção próximo à entrada da bomba, e a utilização de sistemas, como o uso de aplicativos para controle, o que corroboraria na aplicação comercial deste projeto

REFERÊNCIAS

3HOBBY_STORE. Módulo de Relé 8 Canais 5V com Optoacoplador Arduino *1002205. 2020. Disponível em:< https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-973098354-modulo-rele-8-canais-5v-comoptoacoplador-arduino-100205_JM?matt_tool=79246729&matt_word&gclid=EAlaI QobChMI55DqsdWb6gIViSRCh1YSAI gEAQYAiABEg LQ3PD_BwE&quantity=1>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

ALIBABA. **5V 12V 24V Interruptor do Sensor de Nível de Água para o Aquário Banheira WS03**.2020. Disponível em:<<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/5v-12v-24v-water-liquid-level-sensor-switch-for-container-bathtub-aquarium-ws0360761381753.html>>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ARDUINO. **Arduino MKR WAN 1310**. 2020. Disponível em:<<https://store.arduino.cc/usa/mkr-wan-1310>>. Acesso em: 18 de junho de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Bombas Guia Básico**. 9.ed. Brasília, DF, 2009.

ELETRICABLUE. **Contator JNG CJX1 3TF40 9A 220V**. 2020. Disponível em:< https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1044654782-contator-jng-cjx1-3tf40-9a-220v-_JM>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

ELTROGATE. **Módulo Relé 2 Canais 5V com optoacoplador**. 2020. Disponível em:< https://www.eletrogate.com/modulo-rele-2-canais-5v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAlaI QobChMIo9Or0rns6wIVkoaRCh31gwKOEAYYASABEg L3C_D_BwE >. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

MATTEDE H. **Mundo da Elétrica: Como funcionam os disjuntores?**. 2020. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=BbzzC-tftYE>>. Acesso em: 04 de setembro de 2020.

MATTEDE H. **Mundo da Elétrica: Motor Trifásico Ligado com Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BbzzC-tftYE>>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

MIRANDA, W.F. **NR 10 na NR 18**. 1.ed. Jabotão dos Guararapes, PE, 2018.

MURTA, G. **Eletrogate: Guia completo do Arduino Mega**. 2018. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-arduino-mega/>>. Acesso em 17 de setembro de 2020.

NETTO, A. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo, SP, 1998.

PRONEX. **Bomba Centrífuga Auto Vasculante**. 2020. Disponível em: <<https://www.pronex.com.br/industrial/bombas/bomba-centrifuga-autoescorvante>>. Acesso em: 17 de junho de 2020.

SOARES, H. **Maquinas Hidráulicas: aula 04**. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2015. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/HGHTEO__Cap4_Aula-1_-02122015_V1.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

SOARES, H. **Maquinas Hidráulicas: aula 05**. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2015. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2011/10/Homero-Cap%c3%adtulo-5_Parte-1_23102011_PDF.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2020.

STA EFIGÊNIA. **Modulo Display LCD 16x2 Keypad p/ Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.eletronicasantaefigenia.com.br/produto/219582/modulo-display-lcd-16x2-keypad-p-arduino>>. Acesso em: 03 de novembro de 2020.

THOMAZINE, D.; ALBUQUERQUE, P.U.B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 2011.

USINAINFO. **Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/o-queearduino/>>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

USINAINFO. **Display para Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/display-arduino-405>>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

USINAINFO. **Sensor de nível de líquido sem contato – WS03**. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-liquidos-sem-contato-ws03-3739.html>>. Acesso em: 22 de junho de 2020.