

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Rafael Kudaka de Oliveira**

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO À MÁQUINA DE  
LAVAR ROUPAS**

**Taubaté – SP  
2021**

**Rafael Kudaka de Oliveira**

# **AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO À MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialização em Automação e Controle Industrial do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Area de Concentração: Automação Industrial  
Orientador: Prof. Me Marcelo Pinheiro Werneck

**Taubaté – SP  
2021**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi**  
**Universidade de Taubaté - Unitau**

O48a Oliveira, Rafael Kudaka de  
Automação e controle aplicado à máquina de lavar roupas / Rafael  
Kudaka de Oliveira. -- 2021.  
38 f. : il.

Monografia (especialização) – Universidade de Taubaté, Pró-reitoria de  
Pesquisa e Pós-graduação, Taubaté, 2021.  
Orientação: Profa. Me. Marcelo Pinheiro Werneck, Departamento de  
Engenharia Elétrica.

1. Arduino. 2. Sensores. 3. Monitoramento. 4. Automação residencial.  
5. Máquina de lavar roupas. I. Universidade de Taubaté. Departamento de  
Pesquisa e Pós-graduação. Especialização em Controle e Automação  
Industrial. II. Título.

CDD – 629.8

**RAFAEL KUDAKA DE OLIVEIRA**  
**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO À MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialização em Automação e Controle Industrial do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Area de Concentração: Automação Industrial

Orientador: Prof. Me Marcelo Pinheiro Werneck

Data: 27 de março de 2021

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Me Marcelo Pinheiro Werneck  
Assinatura:

Universidade de Taubaté

Profa. Me. Patrícia Cerávolo Rodrigues de P. N. Oliveira  
Assinatura:

Universidade de Taubaté

Prof. Esp. Rodrigo Ramos de Oliveira  
Assinatura:

Universidade de Taubaté

## RESUMO

A automatização e o controle possuem uma ampla aplicação e possibilitam benefícios que garantem qualidade de vida. Desta forma, este trabalho tem como objetivo uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos para realizar a automação residencial sobre a máquina de lavar roupas resolvendo problemas existentes na utilização doméstica. O processo de automatização foi realizado em duas etapas, onde na primeira foram resolvidos problemas como o transbordo de água durante o enchimento do tanque e a dificuldade de esvaziar ou drenar o tanque devido ao posicionamento da tubulação de esgoto. Na segunda etapa a máquina foi automatizada completamente sendo removido o controle manual do temporizador que ligava o motor da máquina e instalado um display com uma interface simples e funcional, a qual permite o controle e o monitoramento de todo processo de lavagem da máquina de lavar. Para tornar possível a aplicação da automação neste trabalho, foram utilizados recursos eletrônicos como os sensores para realizar o monitoramento da entrada de água no tanque, atuadores para realizar os controles dos processos, do microcontrolador na plataforma do Arduino para gerenciar e comandar o sistema como um todo e a interface homem máquina (IHM) para o(a) usuá(ri)o(a) poder operar a máquina de lavar.

Palavras-chave: Automação e Controle Industrial, Arduino, Sensores e Monitoramento, Automação Residencial, Máquina de Lavar Roupas.

## **ABSTRACT**

Automation and control has a wide application and enables benefits that guarantee quality of life. In this way, this paper aims at a practical application of the knowledge acquired to carry out home automation on the washing machine, solving problems that exist in domestic use. The automation process was carried out in two stages, where in the first, problems such as the overflow of water during the filling of the tank and the difficulty of emptying or draining the tank due to the positioning of the sewer pipe were solved. In the second stage, the machine was completely automated, removing the manual control of the timer that started the machine's motor and installing a display with a simple and functional interface, which allows the control and monitoring of the entire washing process of the washing machine. To make possible the application of automation in this paper, electronic resources were used, such as sensors to monitor the water entering the tank, actuators to perform the process controls, the microcontroller on the Arduino platform in order to manage and command the system as a whole and the human machine interface (HMI) for the user to be able to operate the washing machine.

**Keywords:** Industrial Automation and Control, Arduino, Sensors and Monitoring, Home Automation, Washing Machine.

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, existe uma grande variedade de máquinas de lavar, algumas trazem recursos mais modernos e eficientes, entretanto nem todos os recursos disponíveis no equipamento são utilizados ou necessários para o usuário. Ao observar as necessidades de utilização em casa, foi decidido aplicar os conhecimentos adquiridos visando resolver os problemas encontrados durante o processo de lavagem. Nesse período de aplicação foram realizadas duas etapas de implementação, a qual a primeira resolveu dois problemas sendo eles o processo de encher e esvaziar a máquina e no segundo foi realizado o processo de lavagem de forma totalmente automatizada.

Dessa forma, pode-se utilizar os recursos da automação e controle para prover benefícios ao usuário, tais como redução de tempo de operação, menor interferência nas tarefas e redução de ações manuais durante a utilização da máquina de lavar roupas.

Assim este trabalho tem como objetivo, por intermédio da automação e controle, aplicar os recursos disponíveis visando melhorias no equipamento que permitam um funcionamento mais independente da ação do usuário e que também possua uma interação simples, dinâmica e eficiente.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 AUTOMAÇÃO**

A automação industrial tem ganhado cada vez mais destaque devido a sua ampla aplicabilidade e evolução que tem ocorrido nos últimos tempos. As diversas formas de automatização sejam elas domésticas, comerciais e afins, são oriundas da automação industrial pois todo conhecimento e recursos que foram desenvolvidos e evoluindo foram concebidos ao longo do tempo por essa área de conhecimento.

Segundo o site A VOZ DA INDÚSTRIA (2019), atualmente a automação industrial “[...] consiste na aplicação de vários dispositivos, usados para controlar diferentes operações de uma indústria sem intervenção significativa de seres humanos. Entre esses dispositivos estão computadores, robôs, sensores, sistemas de comunicação, alarmes, interfaces de interação, entre outros.”.

Assim, por meio destes recursos torna-se, possível aplicar a automação industrial objetivando o aumento na autonomia dos processos e na redução do tempo nas atividades, conforme o site TOTVS (2020).

Os benefícios da automação são diversos, porém podem ser destacados o controle sobre os processos de modo poder acompanhar e monitorar o sistema, a qualidade obtida sobre o produto e a redução no tempo dos processos principalmente em atividades repetitivas e que demandam esforço, conforme o site TOTVS (2020).

A seguir serão descritos alguns recursos utilizados na automação.

### **2.1.1 Sensor**

O sensor consiste num dispositivo capaz de responder a um estímulo seja físico ou químico, gerando um sinal que permite realizar o controle e o monitoramento, conforme o BALBINOT & BRUSAMARELLO (2011).

Existe uma variedade de tipos de sensores que podem ser utilizados nos processos de automação, dentre eles pode-se citar os sensores capacitivos, magnéticos, indutivos, de pressão, entre outros.

### **2.1.2 Atuadores**

Os atuadores são recursos que permitem a realização de uma determinada ação, conforme o site Mecanica Industrial, a atuação pode ser como um bloqueio, um aperto ou ejeção e podem ser aplicados em motores, bombas, válvulas e interruptores.

### **2.1.3 Relé**

O relé é um dispositivo que basicamente, de um modo mais genérico, permite ligar e desligar outros equipamentos elétricos, conforme o site Mundo da Eletrica (2021) um relé permite realizar a comutação utilizando baixa tensões acionando um outro circuito que opera com tensões e cargas mais elevadas.

### **2.1.4 Microcontrolador**

O microcontrolador é um circuito integrado composto por um processador, memórias e periféricos de entrada e saída, sendo amplamente utilizados em aplicações embarcadas. Segundo o site IEEE RAS UFCG (2020), um microcontrolador consiste, basicamente, em um dispositivo que pode realizar determinadas tarefas de modo eficaz.

## **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido aplicando-se os recursos e conceitos de

automação e controle industrial sobre uma máquina de lavar roupas tipo tanquinho ColorMq 7Kg com funcionamento semiautomático, o qual utiliza um timer para acionar o motor do equipamento. O desenvolvimento do Arduino foi realizado por meio da IDE do Arduino 1.8.12, a qual trata-se de uma ferramenta de desenvolvimento voltado para placas de Arduino, sendo complementado pelas bibliotecas “PinChangeInterrupt.h” para a realização do evento de interrupção em qualquer pino digital disponível na placa, a biblioteca “MsTimer2.h” para a temporização de eventos, as bibliotecas “OneWire.h” e “DallasTemperature.h” para configuração e comunicação do sensor de temperatura utilizado e por fim a biblioteca “Nextion.h” para a configuração e comunicação com a Interface Homem Máquina (IHM). Para o desenvolvimento da interface gráfica da IHM foi utilizado a ferramenta Nextion Editor versão 1.61.2 que consiste em um *software* gratuito de desenvolvimento para dispositivos de IHM da fabricante Nextion. Os desenhos dos ícones utilizados na IHM foram preparados utilizando o *software* gratuito de criação e edição imagem chamado GIMP.

Os recursos de *hardware* utilizados no desenvolvimento consistem em:

- Placa Arduino UNO com ATmega 328p SMD;
- Válvula Solenoide 220v 180° - 3/4" x 3/4”;
- Módulo Relé de Estado Solido - 2 Canais - 5V / 2A;
- Sensor Touch Screen Capacitivo - TTP223B;
- Sensor de Fluxo de Água 1/2" YF-S201B;
- LED de 3mm;
- Módulo Relé de Estado Sólido SSR 1 Canal;
- Buzzer ativo de 5V;
- Display IHM Nextion Basic de 3.2” - NX4024T032\_011R;
- Sensor de temperatura Dallas ds18b20;
- Eletrobomba 220V.

### 3.1 CONTROLADOR

O controlador utilizado neste trabalho foi o microcontrolador ATmega328 montado na plataforma do Arduino conforme Figura 1, devido ao fato de possuir compatibilidade com uma diversidade de módulos e sensores e por ser uma plataforma de baixo custo, mas que dispõe de qualidade e eficiência.

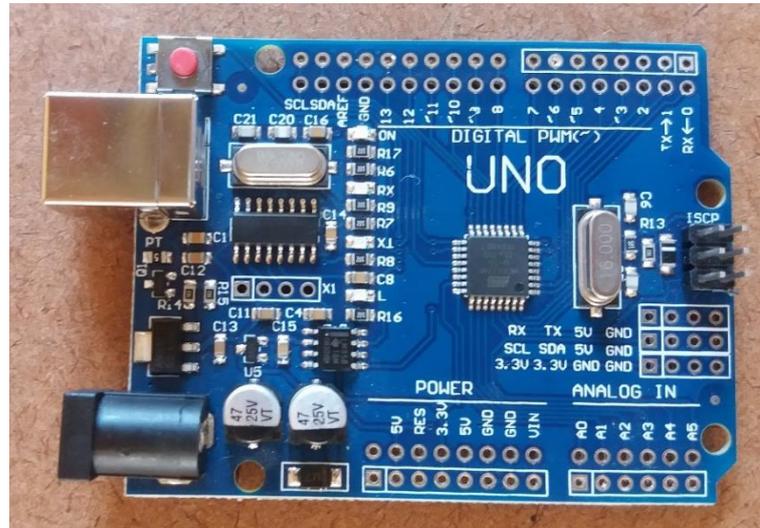


Figura 1 - Placa Arduino com microcontrolador Atmel

A placa possui 14 portas digitais sendo 6 portas PWM e 6 portas analógicas, portanto consegue-se atender as necessidades do projeto visto o total de portas utilizadas foram 11 portas digitais. Uma das vantagens em relação a placa utilizada consiste na quantidade pinos de energia de terra e positivo de 3.3V e 5V.

A fim de evitar o mal contato na conexão entre os terminais e os fios, realizou-se a soldagem das ligações na placa.

### 3.2 SENSORES

Os sensores utilizados para o controle do funcionamento da máquina correspondem basicamente ao sensor de toque capacitivo modelo TTP223B, Figura 2, para que possa ser realizado os acionamentos da eletroválvula e da eletrobomba. Conforme TT Electronics, ao tocar o sensor o circuito integrado identifica o toque e gera-se um sinal na saída indicando que houve o toque. Portanto, por meio deste sinal de nível lógico alto, sabe-se que o usuário tem intenção de ligar a eletroválvula para o enchimento do tanque ou para desligá-la, mas também se tem a intenção de ligar a eletrobomba para esvazir o tanque ou para desligá-la.



Figura 2 - Sensor de toque

Posteriormente, esses sensores foram desabilitados devido a utilização da IHM, entretanto, reaproveitou-se o sensor como dispositivo de segurança para identificar o limite máximo do tanque em caso de falha no sensor de fluxo ou em caso de enchimento indevido do tanque.

Para controlar a quantidade de água que entra no tanque, utilizou-se um sensor de fluxo de água de 1/2" modelo YF-S201B, Figura 3, o qual possui funcionamento por efeito Hall e consegue trabalhar numa faixa de 1 a 30 litros por minuto. Conforme, a descrição no site HobbyTronics Ltd, cada pulso deste sensor refere-se a aproximadamente 2,25mm de água, dessa forma para obter 1l de água são necessários 450 pulsos elétricos. Dessa forma, dividindo o número de pulsos necessários para 1l por 60 segundos, obtém-se o fator de 7,5 para obter o fluxo de litros por minuto.



Figura 3 - Sensor de fluxo de água

Fonte: CURTO CIRCUITO, 2021

Conforme o site Usina Info (2016), para encontrar a vazão utilizou-se a seguinte regra de conversão para l/min que consiste na leitura da contagem pulsos por segundo dividido por 5,5. Como o valor de interesse refere-se ao volume instantâneo divide-se a vazão por 60 segundos afim de obter o volume de litros por segundos.

Para monitorar a temperatura ambiente, visando informar o parâmetro para o(a) usuário(a) na IHM, foi utilizado o sensor de temperatura Dallas DS18B20, Figura 4, este sensor digital possui uma tecnologia que permite por meio de um fio realizar a interface de comunicação entre o sensor e o microcontrolador. Segundo Dallas Semiconductor, o sensor possui erro de leitura de +/- 0,5°C entre a faixa de -10°C a +85°C e tem resolução programável de 9 a 12 bits.



Figura 4 - Sensor de temperatura Dallas 18B20

### 3.3 ATUADORES

Os atuadores utilizados neste trabalho foram uma válvula solenóide para permitir o controle de entrada de água no tanque, uma eletrobomba para eliminar a água do tanque e dois módulos de relés utilizados para realizar o acionamento elétrico, alimentação, dos atuadores utilizados.

A válvula solenóide utilizada refere-se ao modelo reto de 180° com entrada e saída de medida de 3/4", sendo a tensão de funcionamento de 220V, conforme Figura 5.



Figura 5 - Válvula solenóide  
Fonte: CURTO CIRCUITO, 2021

Para realizar o esvaziamento, mais propriamente a drenagem, do tanque de água utilizou-se a eletrobomba da marca Emicol, apresentada na Figura 6 a seguir, cuja tensão de funcionamento corresponde a 220V e possui a potência de 34W. Conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 7, observa-se as referências de vazão de água da eletrobomba conforme especificação do fabricante, no trabalho a distância entre o dispositivo e a boca do tudo para despejo da água é de aproximadamente de 60cm, dessa forma a vazão estimada de água na máquina no processo de drenagem é de cerca 21,6 litros por minuto.



Figura 6 - Eletrobomba

Tabela 1 - Referência de vazão pela altura, eletrobomba

Vazão	0,3m	0,6m	0,9m	1,2m	1,5m
Mínima	24,1	21,0	17,4	15,0	11,8
Nominal	24,6	21,6	18,3	15,8	12,5
Máxima	24,9	22,2	19,1	16,2	13,1

Fonte: Serie EBE, 2021

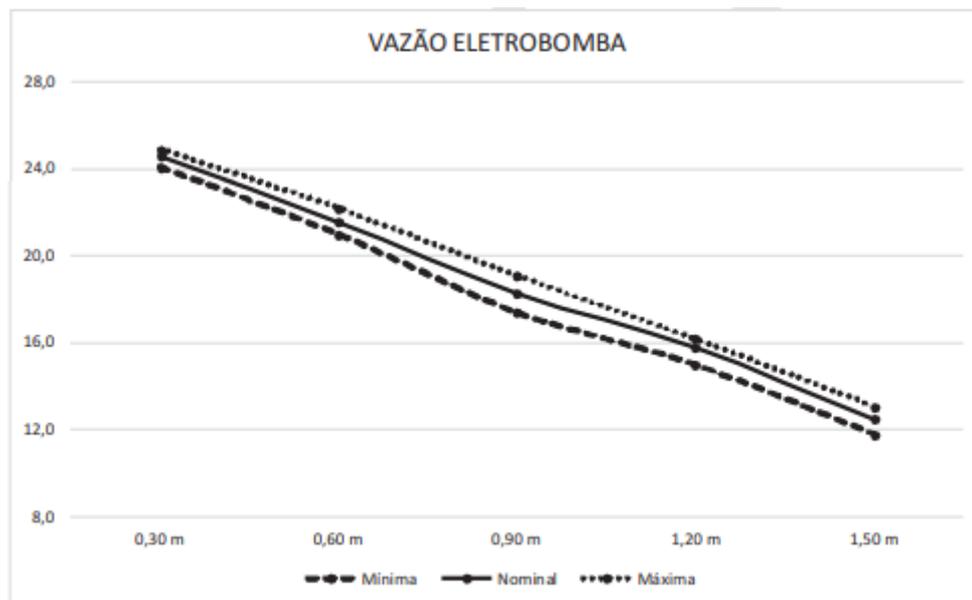


Figura 7 - Vazão eletrobomba

Fonte: Serie EBE, 2021

Para realizar o acionamento dos componentes de atuação utilizou-se os módulos com relé de estado sólido devido ao fato de o relé de estado sólido apresentar um tempo de vida útil superior ao relé eletromecânico, não gerar arco elétrico, possuir resistência às vibrações mecânicas e por não gerarem o barulho ao comutar, conforme o site Mundo da Eletrica (2021). Assim para o acionamento da eletroválvula e da eletrobomba utilizou-se o módulo relé de dois canais com tensão de funcionamento de 5V com capacidade de carga de 240V e 2A, sendo o acionamento realizado por meio do nível lógico baixo, conforme Figura 8.



Figura 8 - Módulo relé de estado sólido de dois canais

Posteriormente, utilizou-se o módulo relé de 1 canal, Figura 9, com as mesmas características do módulo descrito anteriormente, entretanto este módulo possui acionamento realizado por meio do nível lógico alto, para realizar o acionamento do motor da máquina.



Figura 9 - Módulo Relé de estado sólido de um canal

A especificação do motor da máquina informa que o consumo de corrente elétrica do motor corresponde a 1.8A, conforme Figura 10. Dessa forma, o relé utilizado tem os requisitos adequados para funcionar com o motor apresentado.



Figura 10 - Motor da máquina de lavar

### 3.4 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (IHM)

A interface homem-máquina utilizada neste trabalho foi o display IHM Nextion Basic de 3.2" - NX4024T032\_011R devido ao fato de possuir a comunicação serial utilizando o protocolo UART para se comunicar com o Arduino ou outro dispositivo e pelo fato da capacidade de poder armazenar o desenvolvimento da interface gráfica bem como a programação da mesma, dessa forma o processamento da interface gráfica não precisa ser realizada pelo Arduino de modo que obtem-se desempenho e economia de memória.

A seguir, apresenta-se a tabela 1 contendo as especificações baseadas conforme o datasheet do fabricante Nextion (2021).

Tabela 2 - Especificação do display IHM Nextion

<b>Características</b>	<b>Dados</b>	<b>Descrição</b>
Cor	65536 cores	16 bit 565, 5R-6G-5B
Tamanho layout	95(L)×47.6(W)×5.8(H)	
Area Ativa	80.90mm(L)×47.60mm(W)	
Area Visual	69.60mm(L)×41.76mm(W)	
Resolução	400×240 pixel	3.2"
Tipo touch screen	Resistivo	
Toques	> 1 milhão	
Luz de fundo	LED	
Tempo de vida da luz de fundo (Média)	>30,000 horas	
Voltagem de funcionamento	5V	mín-máx: 4.75 - 7V
Corrente de funcionamento	85mA	VCC=+5V, brilho em 100%
Fonte de alimentação recomendada	5V, 500mA, DC	
Porta Serial	4 pinos	Suporte protocolo TTL
Memória FLASH	4MB	Armazenamento fontes e imagens
Memória RAM	3584B	Aramazenamento variáveis
Certificações	CE/EMC, RoHS	

Fonte: Nextion, 2021

Por meio da ferramenta Nextion Edition pode-se desenvolver a interface gráfica da máquina de lavar conforme a Figura 11, onde mantiveram-se os ciclos de lavagem originais, porém foram incluídas as funcionalidades básicas de controle da lavagem.



Figura 11 - Interface gráfica da máquina de lavar

Na Figura 12, pode-se ver o botão “Eco” e os botões referente ao processo automático de enchimento e esvaziamento do tanque que quando ativos fazem o processo de encher o tanque no início do ciclo de lavagem ou de esvaziar o tanque no final da lavagem. Quando o botão “Eco” está ativo, desabilita-se as funções de encher e esvaziar automático para que se possa reaproveitar a água utilizada durante o processo de lavagem.



Figura 12 – Botões relacionados a opção do modo Eco

Na Figura 13, observa-se os botões de controle do nível da água do tanque, onde o botão superior indica o nível máximo de água e o botão inferior indica o nível médio ou meio tanque.



Figura 13 – Botões de nível de água

Na Figura 14, pode-se ver as informações do processo do ciclo de lavagem, na parte superior existem os símbolos que indicam a etapa da lavagem sendo da esquerda para a direita a representação da etapa lavagem longa, molho e lavagem curta. Na parte inferior existe um texto rolante onde apresenta-se as descrições referente ao status atual do processo que está acontecendo na máquina.



Figura 14 – Informações relacionadas ao ciclo e funcionamento

Na Figura 15, pode-se observar os botões de controle de enchimento e esvaziamento manual do tanque na respectiva ordem da esquerda para a direita. O botão para encher manual respeita o nível selecionado pelo usuário e o botão para

esvaziar manual respeita o tempo definido para esvaziar completamente o tanque, entretanto, essas operações podem ser interrompidas a qualquer momento pressionando novamente um destes botões.



Figura 15 - Botões de controle da água

Na Figura 16, observa-se as opções do ciclo de lavagem disponíveis, optou-se por manter o, mesmo, padrão de lavagem original da máquina onde o botão "5" representa a lavagem completa, o botão "1" representa a lavagem mais curta e o botão "3" representa a lavagem intermediária a qual nessa etapa existe a fase de molho.



Figura 16 - Botões de escolha do ciclo de lavagem

Na Figura 17, observa-se os botões referente ao controle do ciclo de lavagem onde tem-se o botão da função “Eco” o qual desabilita as funções automáticas de encher e esvaziar o tanque. A seguir, existe o botão de iniciar e pausar o ciclo de lavagem. Depois, tem-se o botão de avançar o qual muda para a próxima etapa do ciclo de lavagem. Por fim, tem o botão de parar o qual finaliza a lavagem.



Figura 17 - Botões de controle do ciclo de lavagem

#### 4 PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO

A seguir serão apresentadas as duas fases do processo de automação da máquina de lavar que foram realizados, pois inicialmente, tinha-se o intuito de implementar melhorias e recursos que permitissem a usabilidade da máquina eliminando ações que necessitavam do usuário, como exemplo, pode-se a ação encher o tanque de água controlando visualmente a quantidade de água e durante a ação de esvaziar o tanque onde precisava-se deslocar a máquina para colocar a mangueira na tubulação de esgoto para realizar a drenagem. Posteriormente, implementou-se novos recursos que permitem uma melhor experiência e utilização da máquina de lavar de uma forma mais autônoma.

##### 4.1 AUTOMATIZAÇÃO FUNCIONAL

A automatização funcional corresponde à primeira fase do projeto onde visava-se resolver o problema de encher e esvaziar o tanque de uma forma que não dependesse da ação manual do usuário. Portanto implementou-se a eletrobomba para

realizar a drenagem do tanque e eletroválvula para realizar o enchimento do tanque de modo que são acionados por meio de comandos recebidos a partir de sensores de toque capacitivos, assim possibilitou-se manter a originalidade do painel, Figura 18, sem que fosse preciso realizar modificações irreversíveis.



Figura 18 - Painel frontal com temporizador original e com o sensor de toque, vista frontal

Na Figura 19, pode-se observar a instalação dos sensores de toque onde o sensor superior, de forma análoga, utilizou-se para encher o tanque e o inferior utilizou-se para esvaziar o tanque. A seguir, observa-se a presença de leds para a identificação visual do que está sendo realizado no processo referente ao tanque. E por fim, ao centro, tem-se o temporizador mecânico original da máquina, o qual não sofreu alteração.



Figura 19 - Painel frontal com temporizador original e sensor de toque, vista traseira

Para monitorar o processo de encher o tanque com água, utilizou-se o sensor de fluxo de água, o qual permite o cálculo do volume de água que está entrando no

tanque. Dessa forma, calcula-se o volume de água por segundo e verifica-se se a quantidade disponível no tanque atingiu o volume estabelecido, assim, alcançando-se o volume de água necessário desliga-se a eletroválvula.

A seguir será apresentado o fluxograma do funcionamento da máquina de lavar em relação aos processos que foram automatizados nessa etapa.

#### 4.1.1 Fluxograma

O funcionamento da máquina está dividido em partes devido ao modelo de programação do Arduino, dessa forma tem-se o bloco do “loop()” o qual pode ser considerado com um dos principais blocos da programação da plataforma. Neste bloco implementou-se os cálculos para encontrar o volume de água que está entrando no tanque, a seguir é realizado a verificação do volume que está disponível no tanque conferindo se atingiu o limite de água definido e caso o limite seja alcançado fecha-se a eletroválvula e emiti-se um aviso sonoro indicando que máquina finalizou o processo de encher o tanque. Na Figura 20, observa-se o fluxo do funcionamento descrito para o bloco do “loop()”.

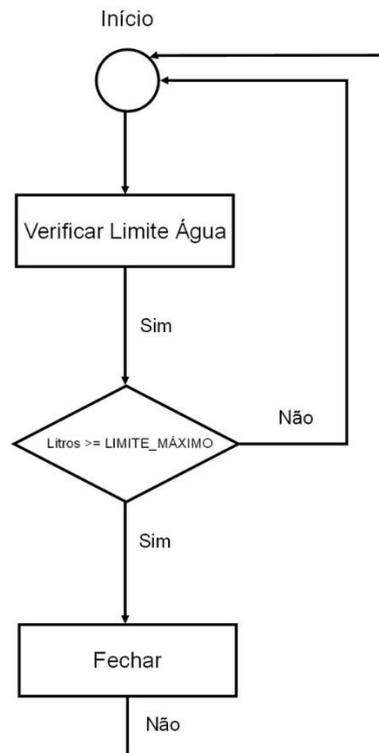


Figura 20 - Fluxograma do funcionamento básico

A seguir, apresenta-se o funcionamento do comando quando o sensor de toque

para a eletroválvula é ativado. No momento em que o sensor identifica o toque, ocorre uma interrupção no programa do Arduino onde o bloco com as instruções para o controle da eletroválvula é executado de forma imediata, assim, na Figura 21 observa-se o início do processo da interrupção onde primeiramente verifica-se se a eletrobomba está ligada, caso esteja desliga-se a eletrobomba e finaliza a interrupção. Porém, caso a eletrobomba esteja desligada, verifica-se o estado da eletroválvula sendo que se o estado for “fechada” abre-se a válvula e caso esteja aberta fecha-se a válvula.

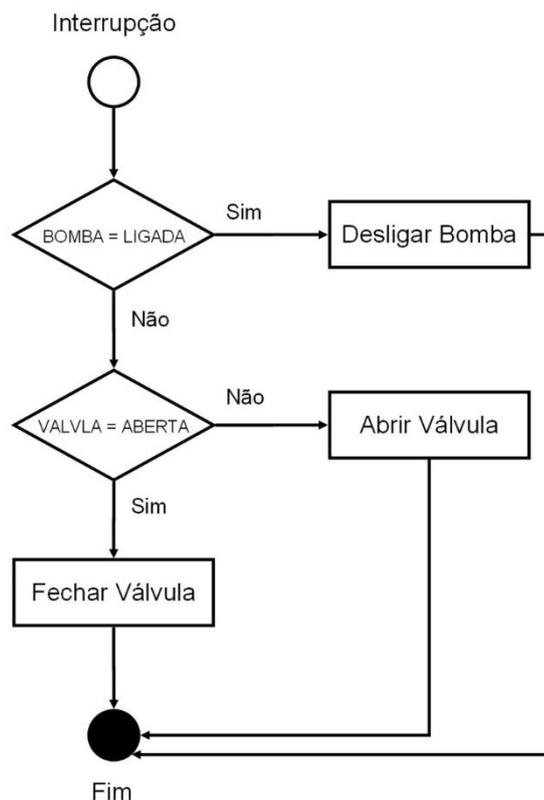


Figura 21 - Fluxograma interrupção sensor de toque válvula

Referente à sinalização por meio do led para identificar visualmente que a máquina está enchendo ou esvaziando, a instrução de ligar ou desligar o led localiza-se dentro das interrupções do sendo executada logo a seguir da instrução que liga ou desliga a eletroválvula ou a eletrobomba.

Por fim, apresenta-se o funcionamento do comando quando o sensor de toque para a eletrobomba é ativado. Sendo similiar ao funcionamento descrito anteriormente para a eletroválvula, quando o sensor identifica o toque, ocorre uma interrupção no programa onde o bloco com as instruções para o controle da eletrobomba é executado

de forma imediata, assim, na Figura 22, observa-se o início do processo da interrupção onde primeiramente verifica-se se a eletroválvula está aberta, caso esteja desliga-se a válvula e finaliza a interrupção. Porém, caso a eletroválvula esteja fechada, verifica-se o estado da eletrobomba sendo que se ela estiver ligada então desliga-se bomba e caso esteja desligada então liga-se a bomba.

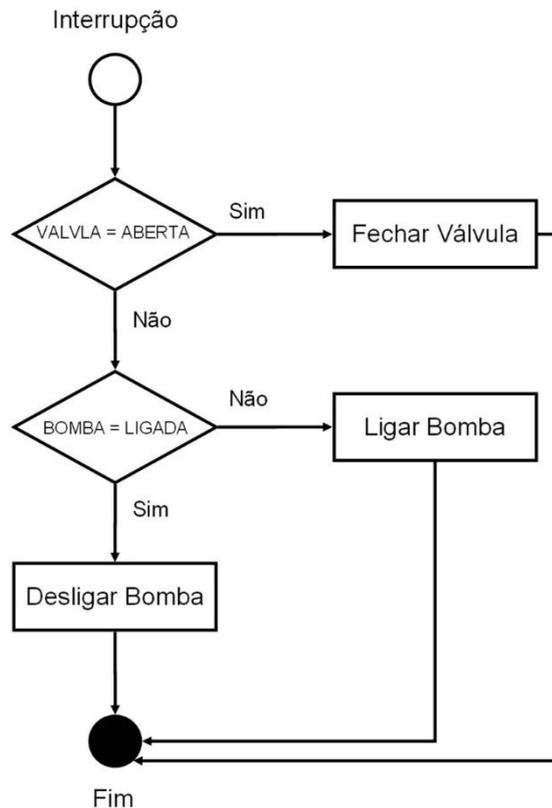


Figura 22 - Fluxograma interrupção sensor de toque bomba

Quando se liga a eletrobomba, inicia-se o temporizador com o parâmetro de tempo calibrado para realizar a drenagem do tange, o qual quando finaliza a temporização chama o método para desligar a bomba.

## 4.2 AUTOMATIZAÇÃO EFICIENTE

A automatização eficiente corresponde à segunda fase do projeto onde visa-se transformar o funcionamento da máquina totalmente controlado pelo Arduino, pois anteriormente o funcionamento do motor permanecia sendo controlado pelo temporizador mecânico. Dessa forma, implementou-se um display IHM para realizar

as operações de funcionamento da máquina, possibilitando o controle da eletrobomba e da eletroválvula, a seleção dos estágios de lavagem, as operações de iniciar, pausar, avançar e parar e o próprio processo de lavagem onde permite realizar o ciclo de forma totalmente automática, sendo possível realizar o enchimento do tanque no início e a drenagem no tanque ao término do ciclo da lavagem. E também, se tornou possível selecionar o nível da água para o enchimento do tanque.

Na Figura 23, observa-se a remoção dos sensores de toque e do temporizador mecânico o qual foi substituído pelo display da IHM, sendo fixado por meio de quatro pontos de rosca soldada no plástico permitindo melhor fixação do dispositivo na peça.



Figura 23 - Painel frontal com a IHM instalada, vista traseira

Na Figura 24, tem-se a visão do painel da máquina com a IHM instalada no lugar onde estava o botão seletor de lavagem, assim, o dispositivo ficou centralizado e alinhado com a superfície do painel.



Figura 24 - Painel frontal com a IHM instalada, vista de frente

#### 4.2.1 Fluxograma

O funcionamento descrito anteriormente referente a automatização funcional, manteve-se para a operação manual de encher e esvaziar o tanque, entretanto foi

incrementado um novo fluxo que permite controlar o funcionamento do motor e o processo de encher e esvaziar o tanque de forma automática, de modo que esses processos possam fazer parte do ciclo da lavagem quando estiverem habilitados. A seguir, na Figura 25 apresenta-se o fluxograma do funcionamento eficiente da máquina, o qual inicia-se o processo realizando a verificação se no início do processo deve-se encher o tanque, caso sim abre-se a eletroválvula e em seguida realiza-se o monitoramento do nível da água verificando-se o nível até atingir o nível selecionado e posteriormente fecha-se a válvula. Em continuação, verifica-se novamente a necessidade de encher o tanque, como o retorno é negativo então liga-se o motor e inicia-se monitoramento do tempo do ciclo do motor ligado. Quando o tempo de funcionamento do motor supera o tempo do ciclo pré-definido então desliga-se o motor. Logo após, verifica-se a existência do estágio de molho, caso haja esse estado então inicia-se o monitoramento do tempo de molho sendo que após finalizar este tempo liga-se novamente o motor para dar continuidade no processo de lavagem. Realiza-se o monitoramento do ciclo do motor novamente e quando o tempo do motor ligado for concluído, verifica-se a necessidade de esvaziar o tanque e caso seja necessário liga-se a eletrobomba por meio de um temporizador onde após sua finalização desliga-se a bomba e finaliza o processo de lavagem.

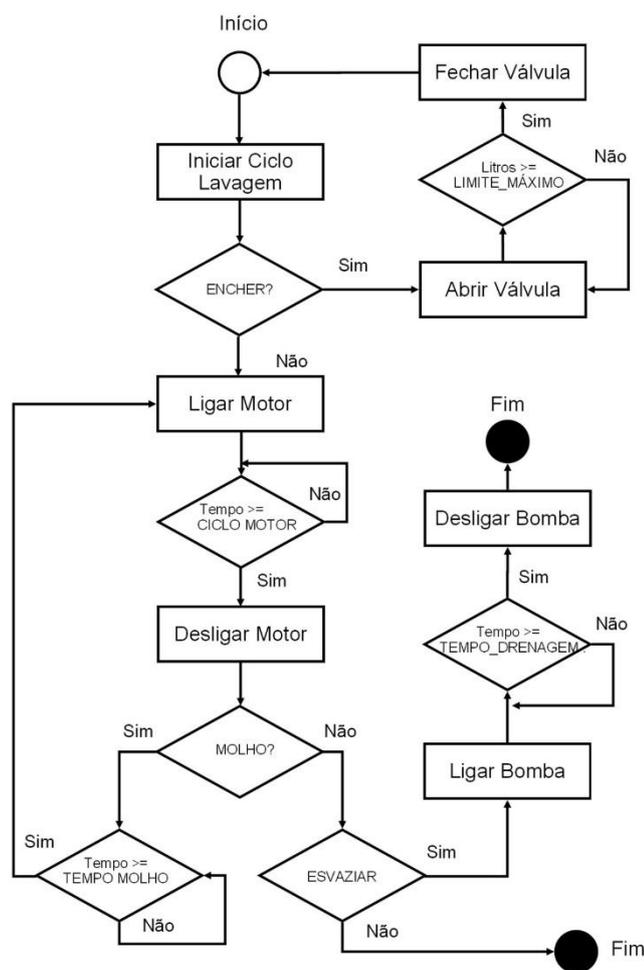


Figura 25 - Fluxograma do funcionamento da automatização eficiente

## 5 RESULTADOS

Os resultados da aplicação da automação e controle neste trabalho foram satisfatórios e atenderam as necessidades de utilização da máquina de lavar durante o processo de lavagem. Conforme está apresentado logo a seguir, são mostrados a instalação dos sensores, válvula, bomba, relés, IHM e do Arduino na máquina de lavar.

Na Figura 26, pode ser visualizada a eletrobomba instalada na máquina, para isso foi necessário utilizar uma mangueira safonada para fazer a conexão entre a saída do tanque e a entrada da bomba, e a mesma foi fixada na parede interna da máquina.



Figura 26 - Eletrobomba instalada na máquina

Na Figura 27, pode ser observada a mangueira de drenagem conectada na saída da bomba. Anteriormente, essa mangueira ficava posicionada no furo localizado na base da máquina, à esquerda do local atual onde foi instalada.



Figura 27 - Visão externa da instalação da eletrobomba na máquina

Na Figura 28, pode ser visualizada a tubulação de esgoto por onde é despejado a água utilizada na lavagem, antes quando não havia a bomba para drenar a água do tanque tinha que deslocar a máquina com todo o peso da água para poder ter acesso

a tampa inferior da tubulação de esgoto e inserir a magueira de drenagem da máquina neste tubo.

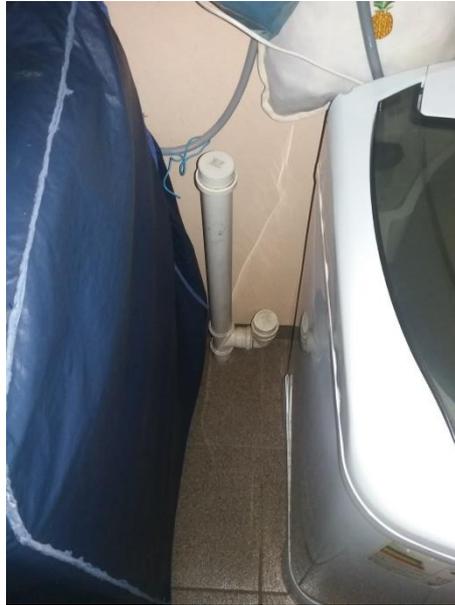


Figura 28 - Tubulação de esgoto

Assim, após a instalação da bomba facilitou o processo de drenagem da água do tanque onde a magueira da máquina pode ficar posicionada na tampa superior da tubulação de esgoto, evitando a necessidade de movimentar a máquina, e houve uma diminuição significativa no tempo para esvaziar o tanque devido a assistência da eletrobomba em relação ao processo natural da pressão atmosférica.

Na Figura 29, pode ser observado a parte interna superior da máquina onde foi instalado a eletroválvula ao centro e a seguir à direita o sensor de fluxo de água sendo que na saída do sensor foi conectado a própria mangueira de água da máquina, de modo a reaproveitar o material.



Figura 29 - Sistema de entrada de água instalado

Na Figura 30, pode ser visto com mais detalhes a instalação da eletroválvula a qual foi fixada utilizando fitas Hellermann.

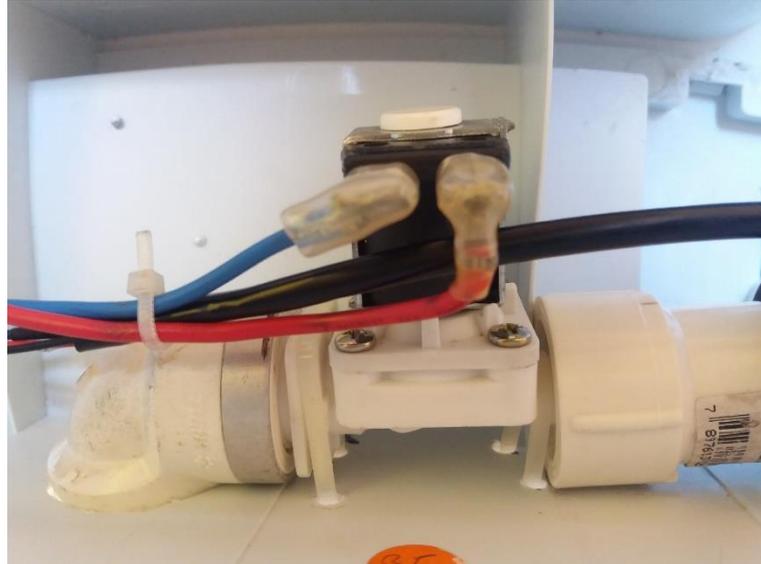


Figura 30 - Eletroválvula instalada na máquina

Na Figura 31, observa-se a instalação do sensor de fluxo de água onde foram utilizadas conexões de 3/4" e 1/2" para que fosse possível realizar as adaptações para a entrada de água no tanque.



Figura 31 – Sensor de fluxo d'água instalado

Na Figura 32, pode ser observado a conexão da mangueira cinza de entrada

de água a qual está ligada na entrada da eletroválvula. Antes da instalação destes recursos para controle da entrada de água, a mangueira de água ficava localizada no furo à direita da imagem e o enchimento do tanque era realizado por meio da abertura manual da torneira.



Figura 32 - Parte superior traseira da máquina

Com a instalação da válvula e do sensor de fluxo, pode-se observar que proporcionou uma independência na hora encher o tanque para lavar, pois antes era necessário ficar esperando o tanque encher para não transbordar, e normalmente, é necessário realizar outras tarefas enquanto estava enchendo e acontecia o transbordo.

Na Figura 33, observa-se a instalação dos dispositivos eletrônicos estando dispostos na seguinte ordem, primeiramente na parte superior temos a placa de Arduino, logo abaixo temos o módulo de relé para acionar o motor, a seguir temos o módulo de relé para acionar a eletroválvula e eletrobomba e por fim no painel frontal, à direita, temos a IHM. Os dispositivos foram devidamente fixados para não haver deslocamento. A ligação da fiação à placa do Arduino foi realizada por meio da soldagem dos fios e foi adicionado conectores, que são estes componentes vermelhos que aparecem na imagem, para facilitar a manutenção do sistema caso seja necessário.

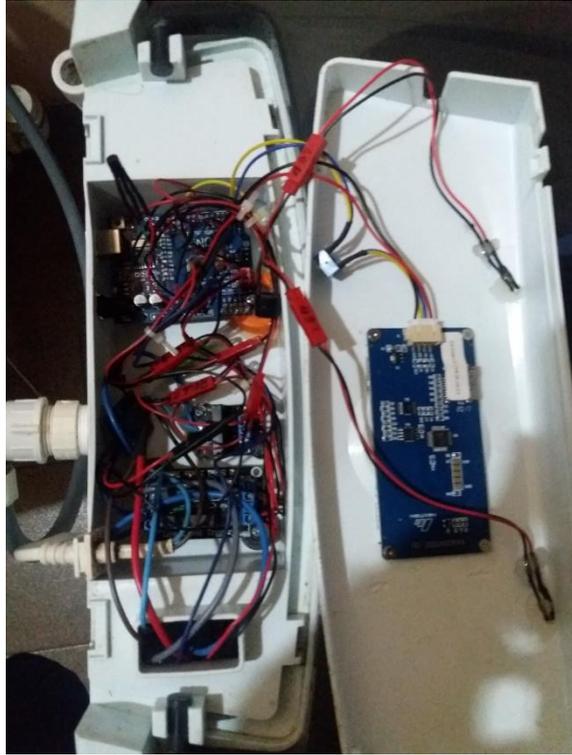


Figura 33 - Instalação dos dispositivos eletrônicos

Na Figura 34, observa-se a exibição da tela de apresentação durante a inicialização da máquina.



Figura 34 - Ligando a máquina

Na Figura 35, pode-se ver a exibição do painel com as opções de seleção e lavagem disponíveis na interface, procurou-se colocar os botões com as imagens em um tamanho grande visando facilitar a visibilidade e identificação de modo que a interface fosse simples, porém funcional atendendo as necessidades do uso.



Figura 35 - Máquina ligada pronta para uso

Com a instalação do display IHM, obteve-se uma melhor experiência durante a utilização da máquina por causa que foi possível ter um ciclo de lavagem mais completo, foi possível selecionar níveis da água, possibilitou uma transparência em todo o processo de lavagem e permitiu maior controle sobre a máquina. Além de ter um programa de lavagem personalizado de acordo as necessidades da usuária.

Na Figura 36, pode ser observado a máquina finalizada contendo no painel o display da IHM.



Figura 36 - Visão da máquina com a IHM

Na Figura 37, pode ser visto a parte traseira da máquina finalizada com todas

as implementações realizadas neste trabalho.



Figura 37 - Visão da parte traseira da máquina

## 6 CONCLUSÃO

Por intermédio da aplicação da automação e controle foi possível prover melhorias que auxiliaram o uso da máquina de lavar resolvendo os problemas encontrados durante o processo de lavagem tais como enchimento do tanque no qual era necessário ficar acompanhando até chegar no nível adequado e fechar a torneira e até mesmo durante a drenagem da água do tanque após o uso onde, no caso, era necessário movimentar a máquina contendo o peso da água dentro para poder colocar a mangueira na tubulação de esgoto. Além disso, vale destacar que além de transformar esses processos manuais em automatizados, houve um ganho na otimização do tempo que era demandado, também, para monitorar os processos pois até então era preciso ficar monitorando na hora de encher o tanque para não transbordar a água.

Dessa forma, tornou-se possível transformar uma máquina simples de lavar numa máquina personalizada mais eficiente contendo características que atendem a necessidade do uso doméstico, que solucionou os problemas na hora encher e

esvaziar o tanque e possibilitou um processo de lavagem completo e automático.

A experiência de utilização da máquina tornou-se melhor devido ao fato de haver uma interação entre a usuária e máquina onde por meio da IHM existe a possibilidade de um controle dinâmico e objetivo, trazendo informações sobre o ciclo da lavagem e o status da máquina.

Assim, conclui-se que aplicação da automatização e controle realizados neste trabalho foi uma experiência positiva onde foi possível aplicar os conhecimentos resolvendo problemas do dia a dia e trazer mais benefícios para quem está utilizando a máquina de lavar.

## Referências bibliográficas

A VOZ DA INDUSTRIA, **Conheça os tipos de automação industrial**, Disponível em: <<https://avozdaindustria.com.br/inova-o/conhe-os-tipos-de-automa-o-industrial>>.

Acesso em 26 mar. 2021

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V.J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. 2 ed. São Paulo: LTC, 2011

CURTO CIRCUITO, **Imagem Sensor de Fluxo de Água**, Disponível em: <[https://www.curtocircuito.com.br/pub/media/catalog/product/cache/72ec8770cbd5f2a6c38b949defa71f0d/s/e/sensor\\_de\\_fluxo\\_de\\_gua\\_2\\_1.jpg](https://www.curtocircuito.com.br/pub/media/catalog/product/cache/72ec8770cbd5f2a6c38b949defa71f0d/s/e/sensor_de_fluxo_de_gua_2_1.jpg)>. Acesso em 02/03/2021

CURTO CIRCUITO, **Imagem Válvula Solenóide**, Disponível em: <[https://www.curtocircuito.com.br/pub/media/catalog/product/cache/72ec8770cbd5f2a6c38b949defa71f0d/v/\\_v\\_lvula\\_solenode\\_220v\\_3-4x3-4\\_-\\_va04\\_1.jpg](https://www.curtocircuito.com.br/pub/media/catalog/product/cache/72ec8770cbd5f2a6c38b949defa71f0d/v/_v_lvula_solenode_220v_3-4x3-4_-_va04_1.jpg)>. Acesso em: 02/03/2021

Dallas Semiconductor, **Data sheet**, Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>>.

Acesso em: 9 mar. 2021

Emicol, **Serie EBE**, Disponível em: <<https://emicol.com.br/br/lavanderia/33-eletrobomba-universal-para-lavadora-de-roupa-34w-220v.html>> Acesso em: 9 mar. 2021

HobbyTronics Ltd, **Data sheet**, Disponível em: <<https://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/YF-S201.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2021

HobbyTronics Ltd, **YF-S201 Hall Effect Water Flow Meter / Sensor**, Disponível em: <<https://www.hobbytronics.co.uk/yf-s201-water-flow-meter>>. Acesso em: 9 mar. 2021

IEEE RAS UFCG, **O Que É Um Microcontrolador?**, Disponível em:

<<https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/>>. Acesso em: 28 mar. 2021

Mecanica Insutrial, **Para que servem os atuadores**, Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/374-para-que-servem-os-atuadores/>>. Acesso em: 9 mar. 2021

Mundo da Eletrica, **O que é relé de estado sólido?**, Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-de-estado-solido/>>. Acesso em: 9 mar. 2021

Nextion, **NX4024T032**, Disponível em: <<https://nextion.tech/datasheets/nx4024t032>>. Acesso em: 9 mar. 2021

TOTVS, **Entenda o que é automação industrial e seus benefícios**, Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/o-que-e-automacao-industrial/>>. Acesso em: 26 mar. 2021

TT Electronics, **1 KEY TOUCH PAD DETECTOR IC**, Disponível em: <<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1179637/TTELEC/TTP223.html>>. Acesso em: 9 mar. 2021

Usina Info – Eletrônica e robótica, **SENSOR DE FLUXO DE ÁGUA PARA ARDUINO 1-30 L/MIN**, Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-fluxo-de-agua-para-arduino-1-30-lmin/>>. Acesso em: 9 mar. 2021

## Glossário

A – Amper

IHM – Interface Homem-Máquina

l – Litro

PWM - Pulse Width Modulation, em português significa Modulação por Largura de Pulso.

SSR – *Solid State Relay*

LED – *Light Emitting Diode*

V – Volt