



FUNVIC
FUNVIC

FACULDADE DE PINDAMONHANGABA



Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

Fundação Universitária
Vida Cristã - Brasil
Membro do Movimento de Clubes,
Centros e Associações para a UNESCO

FUNVIC - FACULDADE DE PINDAMONHANGABA

ADRIANO SAMUEL DOS SANTOS

MARIO LOPES FILHO

**AUTOMAÇÃO EM FORNECIMENTO DE ÁGUA E
CONTROLE DE NÍVEL EM RESERVATÓRIOS**

Pindamonhangaba – SP

2018



FUNVIC
FUNVIC

FACULDADE DE PINDAMONHANGABA



Fundação Universitária
Vida Cristã - Brasil
Membro do Movimento de Clubes,
Centros e Associações para a UNESCO

FUNVIC - FACULDADE DE PINDAMONHANGABA

ADRIANO SAMUEL DOS SANTOS

MARIO LOPES FILHO

AUTOMAÇÃO EM FORNECIMENTO DE ÁGUA E CONTROLE DE NÍVEL EM RESERVATÓRIOS

Artigo apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Engenheiro de Controle e Automação pelo Curso Engenharia de Controle e Automação da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck.

Pindamonhangaba – SP

2018

Filho, Mario Lopes; Santos, Adriano Samuel dos

Automação em fornecimento de água e controle de nível em reservatórios /
Adriano Samuel dos Santos; Mario Lopes Filho / Pindamonhangaba-SP: FUNVIC -
Faculdade de Pindamonhangaba, 2018.

32f.: il.

Artigo (Graduação em Engenharia de Controle e Automação Industrial) FUNVIC-SP
Orientador: Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck.

1 Controle de nível. 2 Automação. 3 Monitoramento.

I Automação em Fornecimento de Água e Controle de nível em Reservatórios.

II Adriano Samuel dos Santos; Mario Lopes Filho.



FUNVIC
FUNVIC

FACULDADE DE PINDAMONHANGABA



Fundação Universitária
Vida Cristã - Brasil
Membro do Movimento de Clubes,
Centros e Associações para a UNESCO

Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

FUNVIC - FACULDADE DE PINDAMONHANGABA

ADRIANO SAMUEL DOS SANTOS

MARIO LOPES FILHO

AUTOMAÇÃO EM FORNECIMENTO DE ÁGUA E CONTROLE DE NÍVEL EM RESERVATÓRIOS

Artigo apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do Diploma de Engenheiro de Controle e
Automação pelo Curso Engenharia de Controle e
Automação da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck, FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Prof. Célio Augusto Machado, FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Prof. Rodrigo Ramos de Oliveira, FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus por incutir em nós a força, coragem e obstinação para seguirmos nessa empreitada.

Aos nossos familiares que a despeito do tempo de ausência da presença deles, sempre souberam compreender, incentivar e apoiar-nos de maneira incondicional para que pudéssemos concluir nossa jornada universitária.

À essa universidade e seu corpo docente, direção, administração e todos os demais colaboradores por nos fornecerem as condições necessárias para nos conduzir pelas veredas do conhecimento.

Ao nosso orientador Marcelo Pinheiro Werneck pela atenção, suporte, correções e incentivos ao longo dessa caminhada.

Aos nossos colegas de turma, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma com o nosso desenvolvimento acadêmico, o nosso muito obrigado!

Dedico aos meus pais, Adelino e Matilde, meus irmãos, Marcela, Ariane, Mauricio e Otávio, e de maneira muito especial aos meus amores: minha esposa Lilian, meus filhos Helton Jhonatan, Vitoria Maria “in memoriam” e Pedro Henrique, que sempre me dão forças para conquistar meus objetivos.

Adriano Samuel dos Santos

Dedico primeiramente a Deus que é meu guia e amparo em todos os momentos. Aos meus pais, Mário e Margareth que são meus pilares e encorajamento para chegar até aqui. Ao meu irmão Marcos e minha avó Otilia “in memoriam”. À minha noiva Natália e ao meu filho Theo, responsáveis pelo incentivo diário, amor e carinho em cada jornada.

Mario Lopes Filho

RESUMO

O controle do volume de água nos tanques de reservação deve ser realizado de modo contínuo e com confiabilidade. Alguns processos dentro das indústrias onde o fornecimento de água é imprescindível para, por exemplo, ser usado no resfriamento de sistemas onde o desabastecimento pode provocar perdas e inoperância do sistema, depende do constante fornecimento de água, mantendo o fluxo e pressão dentro das redes de distribuição. Para controlar as variáveis desse processo, tais como fluxo contínuo e volume de água suficiente, é necessário manter um sistema autônomo com um mínimo de intervenção, isto é, automatizar o fornecimento de água, e o controle de reservação em tanques que darão margem de trabalho para manter o abastecimento constante.

O projeto tem como objetivo simular a condição de reservação de água bem como o controle de nível de reservatórios com acionamento e monitoramento remoto.

Palavras-chave: Controle de nível. Automação. Monitoramento.

ABSTRACT

Control of the volume of water storage tanks must be carry out continuously and reliably. Some processes in industries where the water supply is essential to, for example, be used in cooling systems where the shortages could lead to losses and the ineffectiveness of the system depends on the constant supply of water, keeping the flow and pressure in distribution networks. To control the variables of this process, such as streaming and sufficient water volume, it is necessary to keep a standalone system with a minimum of intervention, that is, automate the supply of water, and control storage in tanks that will shore to maintain the constant supply.

The project aims to simulate the condition of water storage as well as the reservoirs with level control and remote monitoring.

Keywords: Level control. Automation. Monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - CLP modelo TWDLCAE40DRF.....	16
Figura 2 - IHM Magelis GTO	16
Figura 3 - Eletrobomba modelo Electrolux® Top 5/6 /8 - Bocal 40mm 127V.....	17
Figura 4 - Exemplo de um módulo rele.....	18
Figura 5 - Exemplo de modelo de Caixa para Reservatório.....	19
Figura 6 - Sensor de nível de água lateral	20
Figura 7 - Exemplo de válvula solenoide	21
Figura 8 - Esquema de montagem da estrutura física e mecânica.....	22
Figura 9 - Ilustração do funcionamento do sistema.....	23
Figura 10 - Visor da Tela 1.....	24
Figura 11 - Visor da Tela 2.....	24
Figura 12 - Fluxograma de funcionamento	26

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Lista de Material	29
APÊNDICE 2 – Tabela de Custos	30
APÊNDICE 3 – Programação CLP – Ladder	31
APÊNDICE 4 – Diagrama Eletroeletrônico	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – Central Processing Unit

VDC – Voltage Direct Current

IHM – Interface Homem Máquina

PEAD – Poliestireno Extrudado de alta densidade

MDF - Medium Density Fiberboard

DC – Direct Current

AC – Alternating Current

PVC – Policloreto de Vinila

S1 – Sensor Nível Alto – Reservatório #2 – (Superior)

S2 – Sensor Nível Baixo – Reservatório #2 – (Superior)

S3 – Sensor Nível Alto – Reservatório #3 – (Final)

S4 – Sensor Nível Baixo – Reservatório #3 – (Final)

S5 – Sensor Nível Baixo – Reservatório #1 – (Cisterna)

V1 – Válvula solenoide – saída do Reservatório #2 – (Superior)

V2 – Válvula solenoide – saída do Reservatório #3 – (Final)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Controlador Lógico Programável – CLP	15
2.2	Interface Homem-Máquina – <i>IHM</i>	16
2.3	Bomba de Água	17
2.4	Módulo Relé	17
2.5	Reservatórios	18
2.5.1	Reservatório #1 (Cisterna).....	19
2.5.2	Reservatório #2 (Receptor).....	19
2.5.3	Reservatório #3 (Fornecedor)	19
2.6	Sensor de nível de água	20
2.7	Válvula Solenoide para Água	20
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	Estrutura Física	21
3.2	Estrutura Mecânica	21
3.3	Elétrica Embarcada.....	22
3.4	Funcionamento	23
4	RESULTADOS	26
5	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	28

Este trabalho foi escrito na forma de artigo científico de acordo com a norma ABNT-NBR-6022. A parte textual corresponderá ao artigo científico escrito conforme a instrução da norma, disponível na página <http://www.bu.ufsc.br/ArtigoCientifico.pdf>

1 INTRODUÇÃO

O trabalho automatizado é essencial nas indústrias, cada parte de um processo que possa ser feito por um robô, controladores lógicos e inteligência artificial é implantado para mais agilidade na produção, bem como diminuição da probabilidade de erros.

O controle de nível de reservatório de água é um processo que pode ser automatizado com controladores programáveis, obedecendo ao dia-a-dia da indústria e distribuindo o recurso hídrico conforme a necessidade da demanda de produção.

Grandes equipamentos, processos ou matéria-prima para produção utilizam água em sua função principal (como diluente em misturas de tintas), ou como componente auxiliar, seja em limpezas de peças ou equipamentos, e resfriamentos de grandes máquinas que emanam grande energia em sua produção.

A automatização da demanda de água no reservatório, bem como o controle da distribuição na rede, garante a confiabilidade e disponibilidade do recurso no processo produtivo.

Aliado ao processo automatizado, podemos adicionar um sistema supervisor que manipulará as informações geradas num micro controlador, de forma a permitir maior facilidade de operação ao usuário final sendo capaz de mostrar informações em tempo real da situação de funcionamento dos elementos de saída dando maior flexibilidade ao sistema de abastecimento

Tal ambiente de supervisão permite administrar o sistema de reservação e redes de modo a atuar em pontos específicos do sistema sempre que houver necessidade, ou seja, diante de um aumento de demanda solicitado no processo produtivo, atua-se na válvula fechá-la e/ou abri-la, ou em emergência como rupturas de redes, parando todo o sistema para que haja manutenção na rede.

De forma demonstrar tal aplicação, nosso projeto foi desenvolvido de forma a aplicar conceitos de programação em Controlador Lógico Programável - CLP, que fará leitura de sensores e acionamento de válvulas e bomba para permitir o controle do fornecimento de água de forma autônoma, com acionamento remoto e visualização do estado dos componentes de saída através de painel de interface homem-máquina.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O projeto consiste em representar em escala reduzida o comportamento de reservatórios de abastecimento de água autônomo, ou seja, que funcione de maneira contínua com mínima intervenção humana e/ou somente quando necessário a parada de forma emergencial para atender alguma falha, intercorrência ou ajuste no processo onde o fluxo contínuo da água é utilizado, sendo apresentado o uso dos seguintes componentes conforme segue:

- Controlador Lógico Programável – *CLP*;
- Interface Homem-máquina (*IHM*)
- Bomba de água;
- Caixas para reservatórios;
- Sensores de nível de água;
- Válvula solenoide para água;

2.1 Controlador Lógico Programável – CLP

CLP "Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos" (FRANCHI, 2009, pg 23).

Criado em 1968, o primeiro controlador lógico programável (*CLP*), foi a salvação para substituir grandes estruturas de relés eletromecânicos montados para controlar tarefas sequenciais dentro da indústria automobilística (PAREDE e GOMES, 2011).

Baseando no conceito de contatos elétricos, o *CLP*, segundo Capelli (2013), é um micro controlador desenvolvido para o ambiente industrial, sendo versátil no modo de sua programação. Sendo capaz de obter relações lógicas, matemáticas, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento.

O *CLP* utilizado no projeto é o modelo TWDLCAE40DRF (Figura 1), programado em linguagem Ladder através do software *TwidoSuite*™ ambos desenvolvidos pela empresa *Schneider Electric*™



Figura 1 - CLP modelo TWDLCAE40DRF

Fonte: Product Datasheet TWDLCAE40DRF - Schneider Electric TM

2.2 Interface Homem-Máquina – *IHM*

IHM significa “Interação Homem-Máquina” ou “Interface Homem-Máquina”. Você também poderá se deparar por aí com a sigla em inglês *HMI*, que quer dizer “Human-Machine Interface”. Assim sendo, o *IHM* é um equipamento com algum tipo de visor ou tela que serve para facilitar a comunicação entre as pessoas e as máquinas. (ROCHA, 2015)

Responsável por receber a programação de interação do operador com o sistema, a *IHM* permite ao usuário operar o sistema bem como monitorá-lo de maneira prática não exigindo do mesmo um maior conhecimento da tecnologia embarcada (programação do hardware).

Neste caso, o equipamento selecionado para concepção do projeto foi o *Magelis* TM GTO (ver Figura 2) que pode ser configurado usando o software *Vijeo Designer* TM através de um computador. Tanto o hardware (*Magelis* TM) quanto o software (*Vijeo Designer* TM) são produtos desenvolvidos pela *Schneider Electric* TM.



Figura 2 - IHM Magelis GTO / Fonte: Autoria Própria

2.3 Bomba de Água

Bombas são máquinas geratrizes cuja finalidade é realizar o deslocamento de um líquido por escoamento. Sendo uma máquina geratriz, ela transforma o trabalho mecânico que recebe para seu funcionamento em energia, que é comunicado ao líquido sob as formas de energia de pressão e cinética. [...]. As bombas são utilizadas nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica. A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba. (BRASIL, 2010, p.65)

Para utilização no abastecimento entre reservatórios no projeto, foi selecionada a eletrobomba utilizada em drenagem de lavadoras de roupas modelo *Electrolux®* Top 5/6 /8 - Bocal 40mm 127v conforme mostrado na Figura 3:



Figura 3 - Eletrobomba modelo Electrolux® Top 5/6 /8 - Bocal 40mm 127V / Fonte: Aatoria Própria

2.4 Módulo Relé

O módulo relé é um interruptor eletromecânico que controla cargas AC ou DC (tensões altas) a partir de tensões menores. O funcionamento do relé se dá da seguinte forma: pequenas correntes são enviadas para uma bobina do relé gerando um campo magnético que atrai o contato do NF (normalmente fechado) para o NA (normalmente aberto); assim, o relé funciona como um interruptor. Há inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos, servindo para ligar ou desligar dispositivos.

Nesse caso o módulo desenvolvido com 4 canais será responsável pela interface entre a saída do *CLP* e os atuadores do sistema (bomba e válvulas) sendo responsável pela comutação dos contatos via sinais elétricos de 24VDC enviados pelo *CLP*, de forma a alimentar com

127AC a bomba de água bem como as válvulas solenoides. Na Figura 4, um exemplo de montagem de um módulo rele:

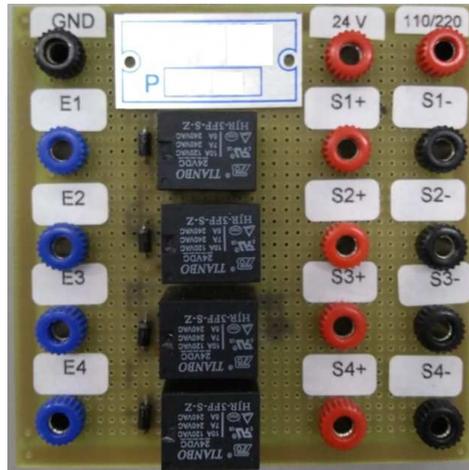


Figura 4 - Exemplo de um módulo rele / Fonte: Autoria Própria

2.5 Reservatórios

Os reservatórios (exemplo na Figura 5) basicamente são caixas organizadoras de 5 litros de material plástico (geralmente em *PEAD* - Polietileno de Alta Densidade) disponível em lojas de armários, materiais de escritórios, entre outros; são transparentes de forma a oferecer visibilidade adequada aos usuários do sistema apresentado na prototipagem. São três caixas com as seguintes atribuições:

- Reservatório inicial (cisterna);
- Reservatório Superior (receptor);
- Reservatório Final (fornecedor);



Figura 5 - Exemplo de modelo de Caixa para Reservatório / Fonte: Autoria Própria

2.5.1 Reservatório #1 (Cisterna)

Responsável pelo fornecimento de água ao Reservatório #2 (receptor) no alto da estrutura através de bomba d'água que será acoplada ao mesmo; também será responsável pela captação da água fornecida pelo Reservatório #3 na simulação de fornecimento de água de alimentação do sistema demonstrado.

2.5.2 Reservatório #2 (Receptor)

Esse reservatório contém sensor de nível alto e sensor de nível baixo que fornecerão informação ao CLP quando os mesmos atingirem a posição de forma a acionar a bomba d'água e/ou a válvula solenoide para fornecimento de água ao reservatório #3.

2.5.3 Reservatório #3 (Fornecedor)

Esse reservatório contém sensor de nível alto e sensor de nível baixo que fornecerão informação ao CLP quando os mesmos atingirem a posição de forma a acionar a válvula solenoide para enchê-lo quando atingir nível mínimo bem como para fechar a válvula quando o reservatório atingir nível máximo. O mesmo possui acionamento por botão independente de forma a permitir flexibilidade ao sistema visando manutenções periódicas e paradas quando for necessário.

2.6 Sensor de nível de água

Este sensor (ver Figura 6) funciona como uma chave *ON/OFF*, que pode acionar chaves, bombas, lâmpadas ou enviar um sinal para um microcontrolador, neste caso um *CLP*, podendo ser utilizado como normalmente aberta ou fechada dependendo somente de como for feita sua instalação. Ideal para medir nível de água ou óleo.



Figura 6 - Sensor de nível de água lateral / Fonte: Autoria Própria

2.7 Válvula Solenoide para Água

Trata-se de um mecanismo eletrônico que, sob tensão, abre a válvula deixando a passagem da água aberta. A válvula com solenoide que foi utilizada como referência é 3/4 (polegadas) de entrada para 1/2 (polegadas) de saída, conforme a figura 6, e tensão de 127V. A posição de abertura da válvula é de 180°. O acionamento é feito através do CLP. Manda-se um sinal para o acionamento do módulo relé, o contato do relé é mudado, assim acionando a carga na válvula solenoide. (USINAINFO, 2017).

As válvulas solenoides (ver Figura 7) são responsáveis por liberarem a passagem de água entre um reservatório e outro e para a distribuição na rede interna. Ela é formada por duas partes, o corpo da válvula e a bobina solenoide. Quando uma corrente elétrica passa pelo fio de cobre da bobina, ela gera uma força no centro do solenoide, o que possibilita que o êmbolo da válvula de movimento, criando um sistema de abertura e fechamento.



Figura 7 - Exemplo de válvula solenoide / Fonte: Autoria Própria

3 METODOLOGIA

3.1 Estrutura Física

A estrutura física para sustentação do projeto é composta de estrutura metálica com tamanho médio 137,0 x38,0 x70,0 cm com quatro prateleiras dispostas a ~ 42,0 cm entre os níveis onde são posicionados os reservatórios.

3.2 Estrutura Mecânica

A estrutura mecânica do protótipo é composta por motor/bomba 127V AC com 33W de potência que será responsável pela captação da água do Reservatório #1 para o Reservatório #2 por meio de conexões usando tubos rígidos, tubos corrugados e mangueira cristal fabricados em *PVC* conforme demonstrado no esquema a seguir:

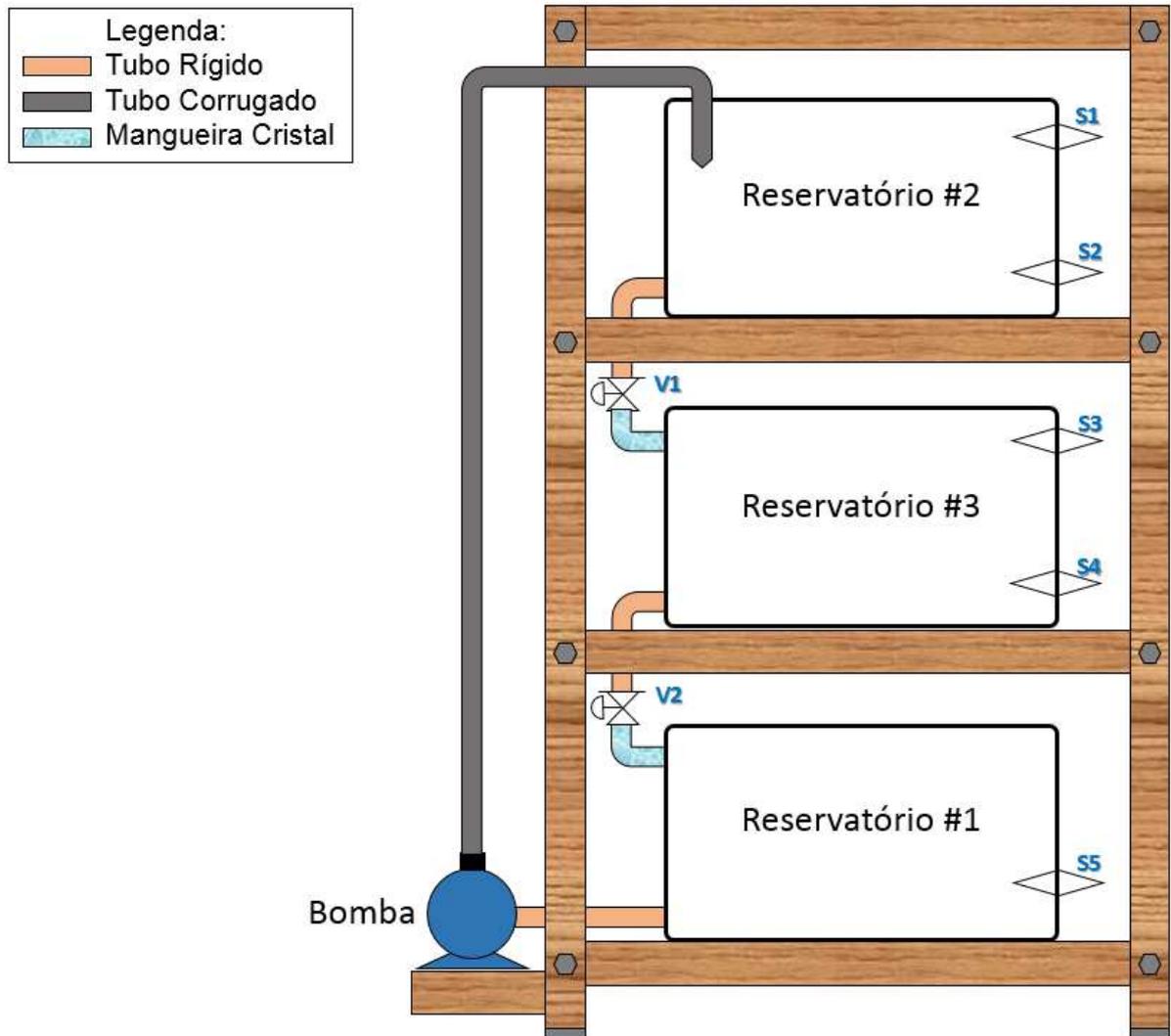


Figura 8 - Esquema de montagem da estrutura física e mecânica / Fonte: Autoria Própria

3.3 Elétrica Embarcada

Os componentes/materiais elétricos utilizados nesse projeto, baseado em modelos de automação industrial, é composto por um *CLP*, sensores de nível, módulo relés, válvulas solenoides, cabos elétricos, painel, módulo *IHM/CPU Magelis™*, que montados e integrados permitirão o controle dinâmico do sistema conforme mencionado por Moraes e Castrucci (2013, p.7): “controle dinâmico que tem por objetivo estabelecer o comportamento estático e dinâmico dos sistemas físicos, tornando-o mais obediente aos operadores e mais imunes às perturbações dentro de certos limites. O diagrama eletroeletrônico está disponível no APÊNDICE 4.

3.4 Funcionamento

O funcionamento do sistema projetado é baseado na interação do operador com equipamentos montados através do módulo *IHM* Magelis GTO, pré-programado para operação, que enviará e receberá informações do processo através do *CLP* conforme ilustrado na Figura 9:

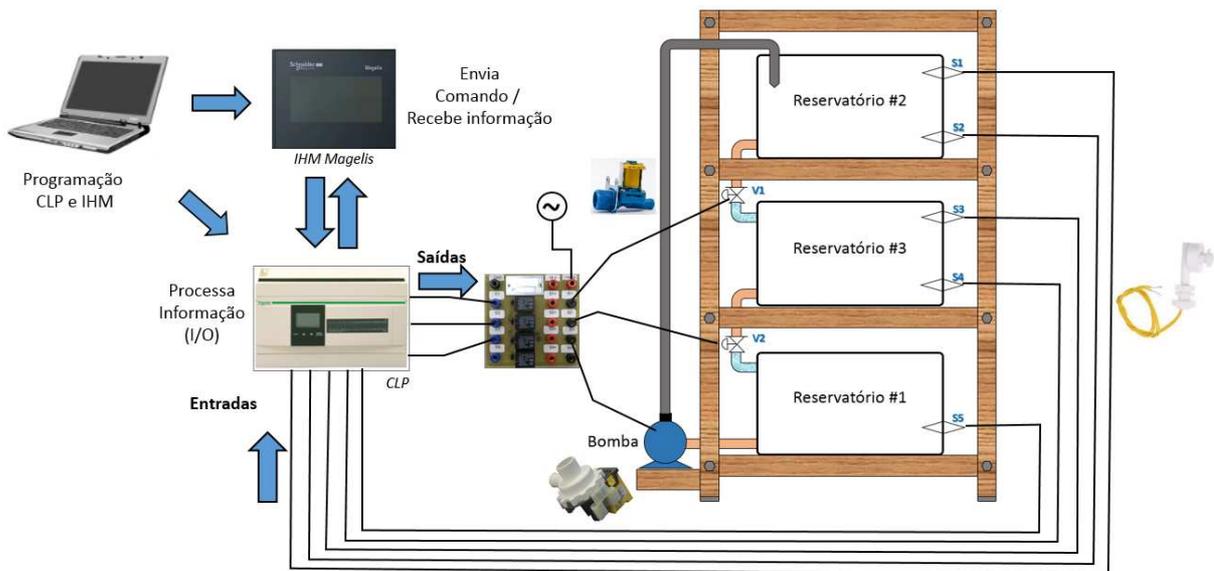


Figura 9 - Ilustração do funcionamento do sistema / Fonte: Autoria Própria

As telas de utilização do operador com o sistema através da *IHM* são as demonstradas abaixo:

- Tela inicial (Figura 10) que contém os botões:
 - INICIAR SISTEMA (dá partida no sistema, ligando a bomba de abastecimento);
 - EMERGÊNCIA: desliga o sistema em qualquer estágio conforme necessidade;
 - SUPERVISIONAR: faz a migração da tela 1 para a tela 2.

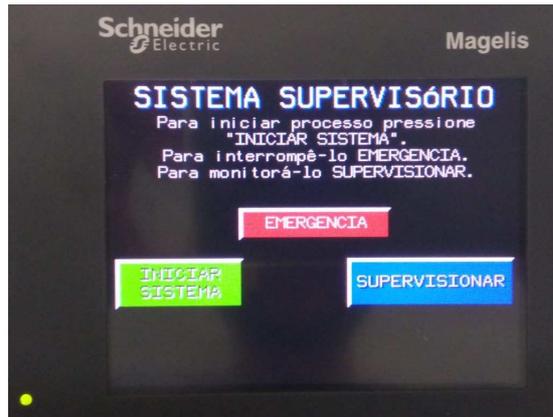


Figura 10 - Visor da Tela 1 / Fonte: Autoria Própria

- Tela 2 (Figura 11) contém lâmpadas que sinalizam o funcionamento do motor-bomba bem como o funcionamento das válvulas V1 e V2; possui também botão “Liga V2” e “desliga V2” responsáveis por ligar e desligar a válvula V2 quando for necessário a interromper o fornecimento de água ao sistema; esta tela possui um “banner central” que indicará um alerta quando o Reservatório #1 (cisterna) atingir o nível baixo indicado pelo Sensor S5. Quando o operador desejar retornar à tela inicial, o mesmo aciona o botão “Voltar”



Figura 11 - Visor da Tela 2 / Fonte: Autoria Própria

Segue abaixo a sequência de funcionamento do sistema:

- O Reservatório #1 abastece o reservatório #2 auxiliado por uma bomba de água de 33W de potência com vazão de 14l / min alimentada com 127V e corrente de 0,33A, acoplado à conexão tipo flange e tubo de PVC para ligação Reservatório #1 – Bomba; para a ligação Bomba-Reservatório #2 é utilizado tubo corrugado; também, no Reservatório #1 está

instalado um sensor de nível, denominado “S5”, instalado na lateral inferior do reservatório, responsável pelo desligamento da bomba em caso de baixo nível e/ou falta de água no Reservatório #1, evitando queima ou dano à bomba.

- O Reservatório #2 possui dois sensores de nível instalados em sua lateral, sendo o sensor “S1” responsável pela detecção de nível alto (instalado na lateral superior) e o sensor “S2” responsável pela detecção de nível baixo (instalado na lateral inferior); a saída de água é feita por meio de flange e tubulação de *PVC*, ligando o Reservatório #2 à válvula solenoide “V1” que, quando acionada, libera água ao Reservatório #3 por meio de mangueira cristal acoplada à válvula;
- O Reservatório #3 possui dois sensores de nível instalados em sua lateral, sendo o sensor “S3” responsável pela detecção de nível alto (instalado na lateral superior) e o sensor “S4” responsável pela detecção de nível baixo (instalado na lateral inferior), com saída de água por meio de flange e tubulação *PVC*, conectada a válvula “V2” responsável pelo bloqueio/liberação do fluxo de água para alimentar o sistema a ser abastecido conforme projetado. Nesse protótipo para fins visualização de fluxo contínuo de funcionamento do sistema, a válvula “V2” estará realimentando o Reservatório #1 com uso de mangueira cristal para tal ligação.

Segue, na Figura 12, o fluxograma de funcionamento do sistema de forma ininterrupta:

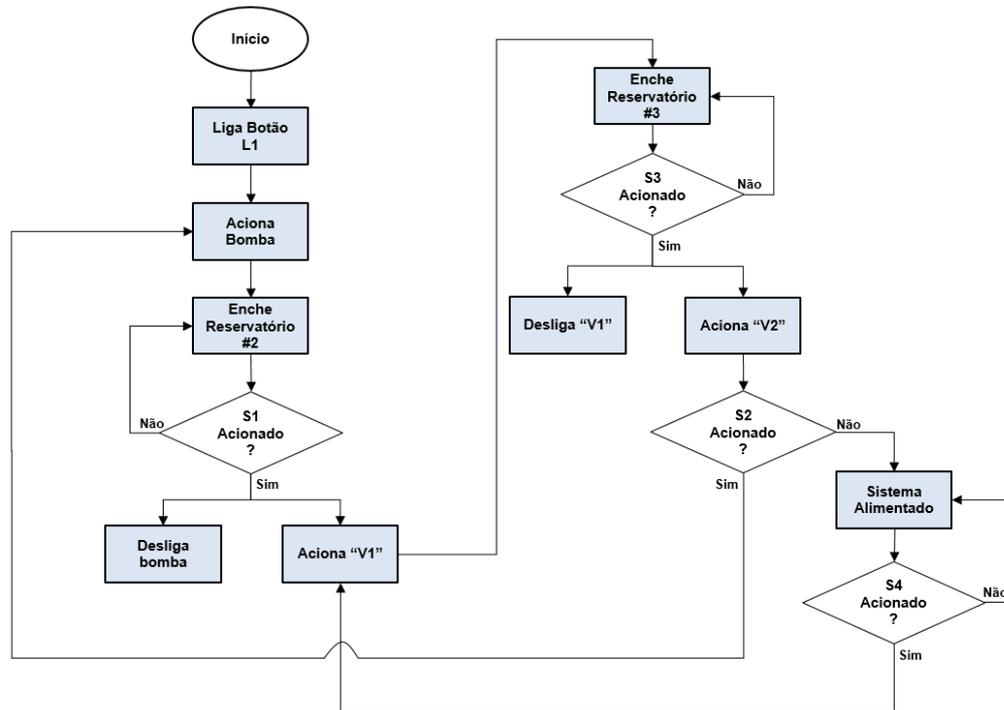


Figura 12 - Fluxograma de funcionamento / Fonte: Autoria Própria

Quando o operador precisar interromper o fornecimento de água para alimentação do sistema, o mesmo poderá acionar o botão “Desliga V2” na *IHM*, bloqueando a válvula “V2”. Para religar o sistema, o operador deverá acionar o botão “Liga V2” na *IHM* fazendo o sistema retornar ao funcionamento de forma ininterrupta novamente.

4 RESULTADOS

O protótipo em escala reduzida foi projetado com base em estruturas viáveis e em baixo custo. Inicialmente definimos sua estrutura em aço baseada em estante metálica comercial, comumente utilizada em escritórios, porém, devido ao custo elevado (na ordem de R\$ 160,00 reais) para a aquisição da mesma versus utilidade da aplicação, tal estrutura metálica substituída por estrutura montada em madeira com vigas laterais e reforçadores transversais em sarrafo de cedrinho e base de apoio dos reservatórios em *MDF*, fixados por parafusos, obtendo as mesmas características definidas em projeto (rigidez e estabilidade). A lista completa de materiais está disponível no APÊNDICE 1 e os custos gerais do projeto estão listados no APÊNDICE 2.

Os resultados preliminares do funcionamento do projeto foram obtidos com a realização de teste em bancada, onde foram verificados o funcionamento da programação *Ladder* do

CLP juntamente com a programação do painel *IHM Magelis™* sendo observado que o sistema funcionou conforme previsto no projeto (ver, no APÊNDICE 3, a programação *Ladder* aplicada).

Realizado testes em todos os reservatórios, bem como nos sensores que norteiam todo o processo de gerenciamento do *CLP* e os mesmos forneceram a resposta esperada na programação e no painel *IHM*, acionando a bomba e as válvulas conforme o andamento do processo.

A bomba d'água foi adequada para levar a água do reservatório #1 até a parte alta do reservatório #2 distantes 1,2 m um do outro.

Todos sensores responderam conforme era esperado, o reservatório #3 manteve a água sempre à disposição da demanda sem a possibilidade de perda por extravasamento.

O sistema foi colocado em condições de funcionamento intermitente, simulando interrupção do fornecimento de água para manutenção com posterior religação do mesmo, sendo observado funcionamento conforme especificado no projeto; quando houve falta d'água, o reservatório #1 ficou com baixo nível de água e o sensor S5 entrou em ação, mandando a informação ao controlador que imediatamente desligou a bomba e indicou a condição no painel *IHM*.

5 CONCLUSÃO

O protótipo modelado correspondeu aos requisitos especificados no projeto, mostrando-se como solução que pode ser aplicada à diversos sistemas como por exemplo, captação e reuso de água de chuva, sistema de irrigação, entre outros, bastando, para isso, que haja seleção de componentes (bomba de água e válvulas solenoides) conforme distância da fonte inicial de água bem como a vazão desejada ao funcionamento do sistema, uma vez que tais variáveis eram irrelevantes na demonstração de uso do protótipo já que o objetivo era obter o controle e visibilidade funcional do processo.

Uma melhoria possível de se aplicar ao sistema é a utilização de botões de acionamento manual, uma vez que a programação do *CLP* já está usando entradas analógicas, que foram utilizadas na simulação em bancada, com as respectivas memórias associadas às mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Alex N. **Máquinas Termohidráulicas de Fluxo**. 01, fev. 2010. Disponível em: <sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombasclassificacaoedescricao.pdf>. Acesso em 12 de dez de 2018.

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial: Controle do Movimento e Processos Contínuos**, 3ª edição. São Paulo, Érica, 2013.

FRANCHI, C. M. e CAMARGO, V. L. A. **Controladores Lógicos Programáveis; Sistemas Discretos**. 2.Ed – São Paulo: Érica, 2009.

MARTINS, J. MANUEL, **Introdução ao projeto com sistemas digitais e microcontroladores**. 6.Ed – Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MORAES, C. C. e CASTRUCCI, P. L. **A Engenharia de Automação Industrial**. 2.Ed – Rio de Janeiro: LTC, 2013.

PAREDE, Ismael M.; GOMES, Luis E. L. **Automação Industrial**. Eletrônica Vol. 6. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

ROCHA, Jordão Silva da. **O que é IHM?** AJ Automação. 23, jan. 2015. Disponível em: <<http://www.ajautomacao.com/o-que-e-ihm/>>, 2015. Acesso em: 03 de nov 2018.

USINAINFO. Usina da Informática. **Válvula Solenoide para Água 127V ou 220V 180 (3/4 x mang. 1/2) - Com suporte**. 2017. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/valvulas-solenoides/valvula-solenoide-para-agua-127v-ou-220v-180-34-x-mang-12-com-suporte--3319.html>>. Acesso em: 03 de nov de 2018.

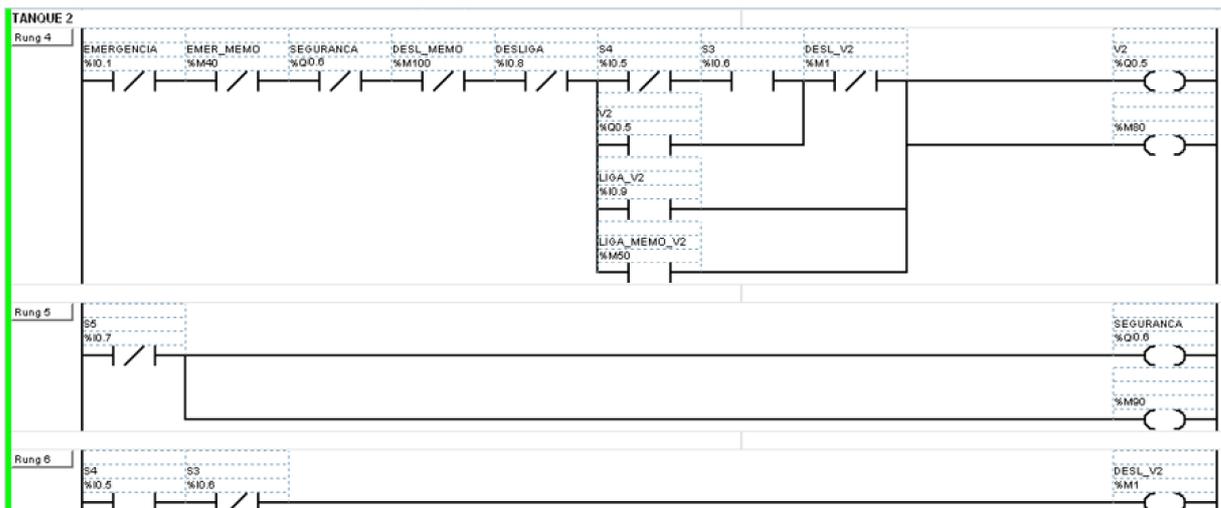
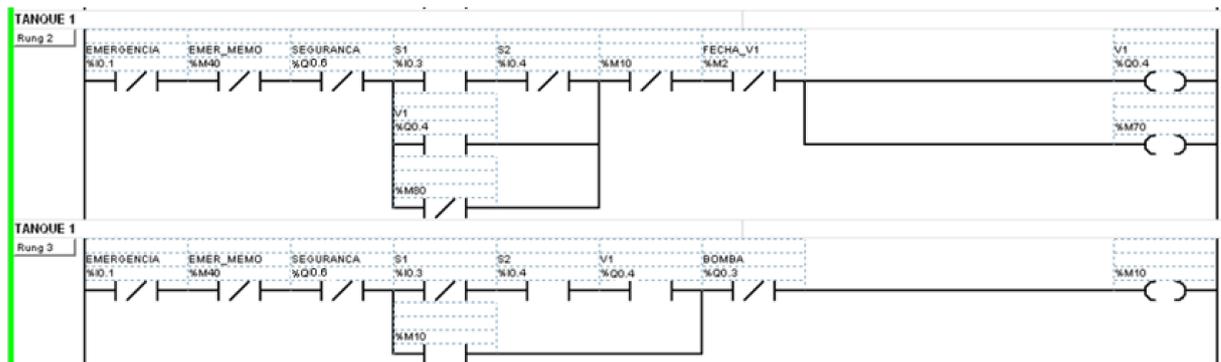
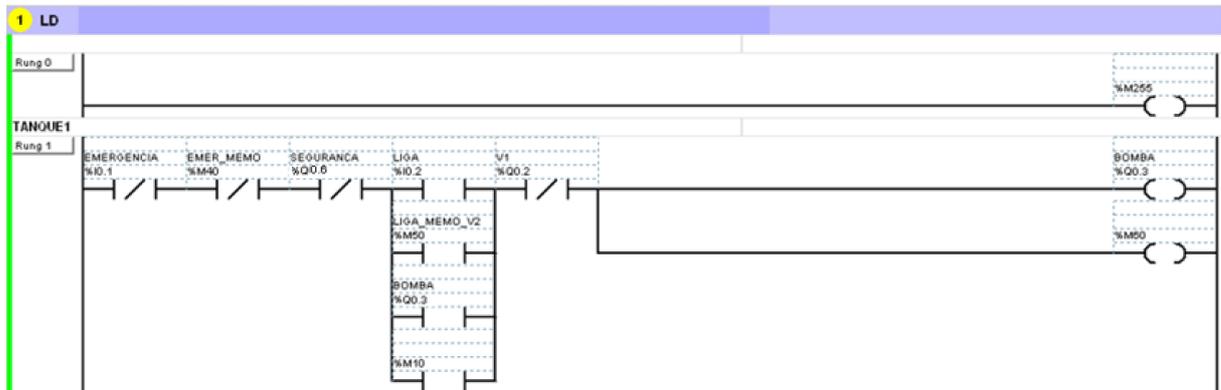
APÊNDICE 1 – LISTA DE MATERIAIS

- Eletrobomba modelo Electrolux® Top 5/6 /8 - Bocal 40mm 127V;
- Sensor de nível tipo chave boia;
- Válvula solenoide 3/4" x 1/2" – 127V
- Módulo rele c/ 3 canais – 24VDC / 220V
- Caixa organizadora 10l
- Caixa organizadora 15l
- Tubos *PVC* Ø3/4" – 0,50 m;
- Mangueira cristal (Ø1/2" x 2,0 mm) – 1,0 m;
- Válvula *PVC* Ø3/4" para tanque;
- Joelho 90° com Bucha Azul *PVC* 25mm ou 3/4"
- Sarrafo cedrinho 5,0 cm - 4 x 1,20 m;
- Sarrafo cedrinho 5,0 cm – 8 x 0,40 mm;
- Chapa *MDF* 6,0 mm (m²) – 4 x (0,30 x 0,40 m);
- Parafuso cabeça sextavada M6 x 50 mm com – 16 unidades;
- Porca-borboleta M6 – 16 unidades;
- Fios elétricos 1,5 mm – 20 m

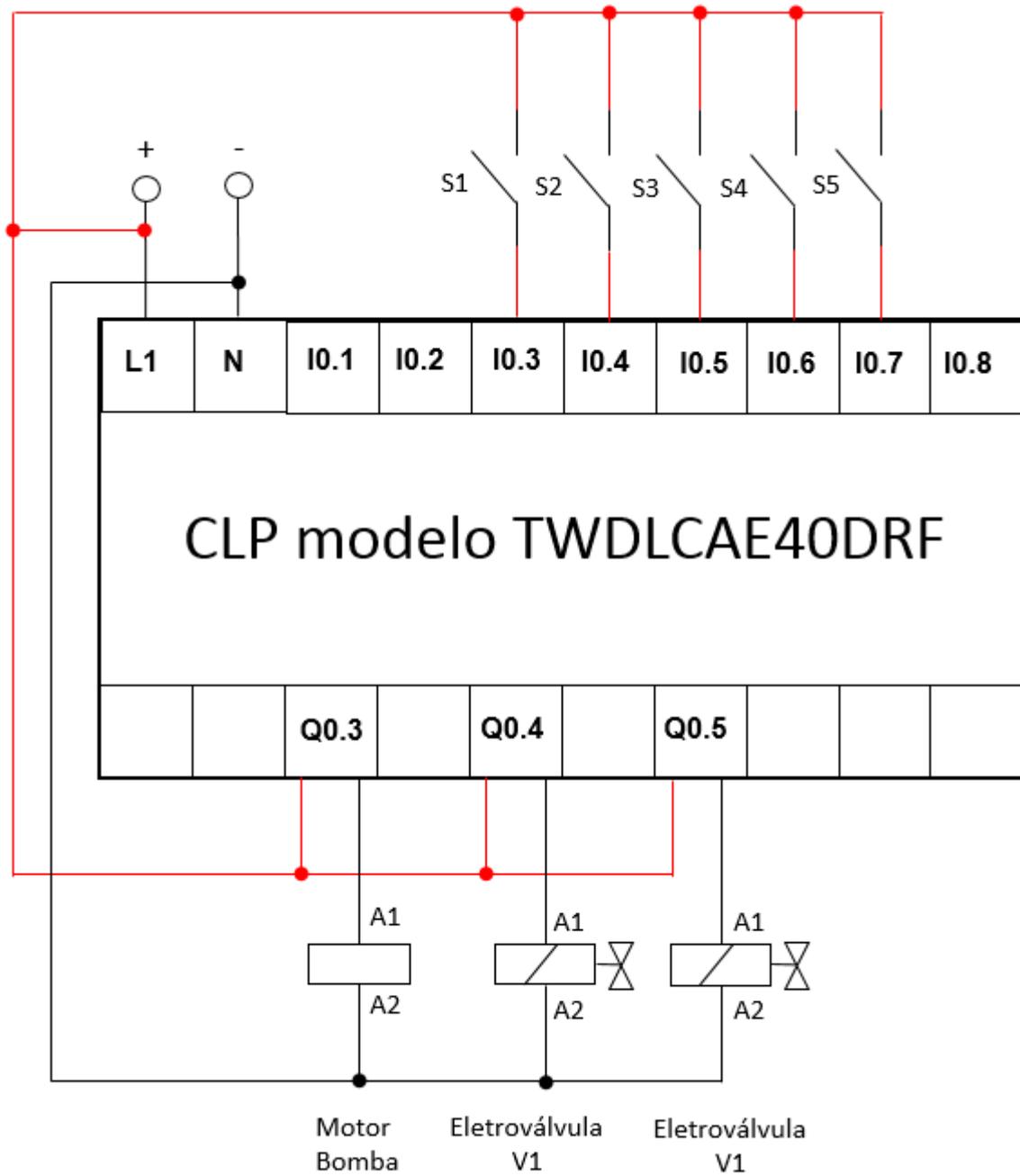
APÊNDICE 2 – TABELA DE CUSTOS

TABELA DE CUSTOS DO PROJETO				
Item	Valor unit.	Qtde	taxa entrega	Valor total
Motor Bomba	R\$ 27,50	1,00	R\$ 24,12	R\$ 51,62
Sensor de nível tipo chave bóia	R\$ 9,80	5,00	R\$ 23,90	R\$ 72,90
Valvula solenóide	R\$ 20,00	2,00	R\$ -	R\$ 40,00
Modulo rele c/ 3 canais	R\$ 29,30	1,00	R\$ -	R\$ 29,30
Caixa organizadora 10l	R\$ 18,90	2,00	R\$ -	R\$ 37,80
Caixa organizadora 15l	R\$ 25,90	1,00	R\$ -	R\$ 25,90
tubos PVC (Ø3/4" x 3,0 m)	R\$ 7,39	0,50	R\$ -	R\$ 3,70
mangueira cristal (Ø1/2" x 2,0 mm)	R\$ 7,90	1,00	R\$ -	R\$ 7,90
Valvula PVC Ø3/4"	R\$ 4,50	2,00	R\$ -	R\$ 9,00
Joelho 90° com Bucha Azul PVC 25mm ou 3/4"	R\$ 6,99	2,00	R\$ -	R\$ 13,98
Sarrafo cedrinho 5,0 cm (metro linear)	R\$ 3,00	8,40	R\$ -	R\$ 25,20
Chapa MDF 6,0 mm (m²)	R\$ 25,90	0,48	R\$ -	R\$ 12,43
Parafusos cabeça sextavada M6 x 50,0 mm	R\$ 1,50	16,00	R\$ -	R\$ 24,00
Porca-borboleta M6	R\$ 0,40	16,00		R\$ 6,40
Fio elétrico - 1,5 mm	R\$ 0,49	20,00	R\$ -	R\$ 9,80
Itens diversos (terminais, fita isolante, pregos)	R\$ 20,00	1,00	R\$ -	R\$ 20,00
TOTAL INVESTIDO			R\$	389,93

APÊNDICE 3 – PROGRAMAÇÃO CLP – LADDER



APÊNDICE 4 – DIAGRAMA ELETROELETRÔNICO



Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da Biblioteca institucional.

Adriano Samuel dos Santos
Mario Lopes Filho
Pindamonhangaba, dezembro 2018.