

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA INFRAESTRUTURAS DE ELEVADORES DE NÍVEL
UTILIZADAS EM PERÍMETROS DE IRRIGAÇÃO**

**AUTOMATION SYSTEM FOR LEVEL ELEVATOR INFRASTRUCTURES USED IN IRRIGATION
PERIMETERS**

**SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE INFRAESTRUTURAS DE ELEVADORES DE NIVEL
UTILIZADAS EN PERÍMETROS DE RIEGO**

Ricardo da Silveira dos Santos¹; Gilson Simões Porciúncula²; Maik Conceição Dias³

¹ Universidade Federal de Pelotas – ricardodsantos@hotmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – gilson.porciuncula@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – maikdias02@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar concepções de sistemas de automação para o acionamento de comportas de elevadoras de nível de um perímetro de irrigação. As elevadoras de nível têm como finalidade controlar o nível de água à montante de um canal, permitindo que haja diferença de nível suficiente para que a água escoe até os canais secundários e para as lavouras adjacentes. Como estudo de caso utilizou-se as estruturas do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro, onde o acionamento destas são feitas de forma manual. A automatização do acionamento das comportas destas estruturas poderá facilitar a operação de manejo da água, aumentando com isso a eficiência do perímetro de irrigação. As concepções propostas foram analisadas a partir do seu sistema de comando considerando um sistema de acionamento hidráulico, além disso, um protótipo físico foi testado em laboratório para testar a viabilidade funcional do sistema. A partir das análises funcionais realizadas no protótipo físico conclui-se que as concepções de projeto são adequadas para diferentes níveis de automação do sistema, e que a automação com sistema por CLP é o mais flexível e adequado para implementar um sistema de controle e automação das comportas de elevadoras de nível.

Palavras-chave: Sistemas Hidráulicos, CLP, Microcontrolador, AUD.

Abstract: The objective of this work is to analyze conceptions of automation systems for the activation of level elevator gates of an irrigation perimeter. The level lifts are intended to control the water level upstream of a channel, allowing a sufficient level difference for the water to flow to the secondary channels and to adjacent crops. As a case study, the structures of the Arroio Duro Irrigation Perimeter were used, where they are activated manually. The automation of the activation of the gates of these structures can facilitate the operation of water management, thus increasing the efficiency of the irrigation perimeter. The proposed designs were analyzed from its command system considering a hydraulic drive system, in addition a physical prototype was tested in the laboratory to test the functional feasibility of the system. From the functional analyzes carried out on the physical prototype, it is concluded that the design concepts are suitable for different levels of automation of the system, and that automation with a PLC system is the most flexible and adequate to implement a control and automation system of the level lift gates.

Keywords: Hydraulic Systems, PLC, Microcontroller, AUD.

Resumen: El objetivo de este trabajo es analizar concepciones de sistemas de automatización para la activación de compuertas elevadoras de nivel de un perímetro de riego. Los elevadores de nivel están destinados a controlar el nivel del agua aguas arriba de un canal, permitiendo una diferencia de nivel suficiente para que el agua fluya hacia los canales secundarios y hacia los cultivos adyacentes. Como caso de estudio se utilizaron las

estructuras del Perímetro de Riego Arroio Duro, donde se activan de forma manual. La automatización de la activación de las compuertas de estas estructuras puede facilitar el funcionamiento de la gestión del agua, aumentando así la eficiencia del perímetro de riego. Los diseños propuestos fueron analizados desde su sistema de comando considerando un sistema de accionamiento hidráulico, además se probó un prototipo físico en laboratorio para probar la factibilidad funcional del sistema. De los análisis funcionales realizados al prototipo físico se concluye que los conceptos de diseño son adecuados para diferentes niveles de automatización del sistema, y que la automatización con un sistema PLC es la más flexible y adecuada para implementar un sistema de control y automatización de las puertas levadizas niveladas.

Palabras clave: Sistemas Hidráulicos, PLC, Microcontrolador, AUD.

1. INTRODUÇÃO

Para manter a operação de sistemas de irrigação e drenagem de forma eficiente necessita-se o controle da vazão e dos níveis dos canais do perímetro de irrigação. Para isso é necessário o controle das estruturas de irrigação do perímetro, do tipo comportas presentes em diferentes estruturas, tais como, elevadoras de nível, tomadas de água e saltos (PORCIÚNCULA; DAMÉ; TEIXEIRA-GRANDA, 2019). A automação destas estruturas de irrigação melhorará o controle e a precisão da atuação das infraestruturas hidráulicas, e consequentemente deverá aumentar a segurança e ergonomia dos operadores, aumentar a eficiência de operação e garantir o uso adequado do volume de água disponível no perímetro, contribuindo para um manejo mais justo e sustentável e melhorando a gestão do Perímetro de Irrigação (AMARAL; RIGHES, 2005).

Neste trabalho utilizou-se como estudo de caso as elevadoras de nível do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro que são constituídas por uma comporta basculante, muros, alas e sistema de movimentação. A maioria das comportas do perímetro possuem ajuste manual da altura, realizado por meio de movimentação de uma manivela (volante). Esses ajustes podem ser diários e demandam de um operador e as tomadas de decisão para operá-las e sua utilização é dependente do nível de água demandado no canal à montante (PORCIÚNCULA; GIUSEPPE, 2019).

As propostas de concepções de projeto foram abordadas por diferentes princípios de soluções baseadas nas tecnologias de comandos de sistemas hidráulicos, tais como, comando hidráulico, elétrico e eletrônico. Um dos principais atributos a serem avaliados nestas concepções é a possibilidade de automação e controle do sistema de acionamento, desta forma, a inserção de sensores para detectar o nível de água do canal e o percentual de abertura da comporta foram considerados essenciais na implementação (DOS SANTOS, 2021).

2. O PERÍMETRO DE IRRIGAÇÃO DO ARROIO DURO

O Perímetro de Irrigação do Arroio Duro, situado no município de Camaquã, estado do Rio Grande do Sul, possui área irrigável de 21.000 hectares. Ele apresenta vários tipos de estruturas de irrigação, tais como, barragem com suas estruturas de controle de nível e vazão, estação de bombeamento, canais de irrigação, canais de drenagem, comportas

elevadoras de nível, saltos, tomadas de água, bueiros, sifões invertidos, etc (PORCIÚNCULA; DAMÉ; TEIXEIRA-GRANDA, 2019).

A Associação de Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD), gestora do perímetro, tem por incumbência garantir de forma adequada, de acordo com os contratos com os seus usuários, a irrigação e drenagem das culturas de arroz e soja, na sua maioria, que contemplam a área do perímetro. Para garantir o funcionamento do sistema de irrigação do perímetro de forma eficiente é necessário desenvolver de forma adequada as atividades de operação, manutenção e conservação do sistema. O perímetro possui 6 canais principais de irrigação, cada um apresenta canais de nível secundário, terciário e quaternário, estão presentes nestes canais um total de 40 elevadoras de nível (PORCIÚNCULA; GIUSEPPE, 2019).

2.1 Elevadoras de nível

As elevadoras de nível têm como finalidade o controle do nível de água permitindo que haja diferença de nível suficiente para que a água escoe até os canais secundários e lavouras adjacentes. As elevadoras de nível do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro são constituídas por uma comporta basculante, muros, alas e sistema de movimentação (ERBISTE,1987). As elevadoras de nível deste perímetro podem apresentar mais de uma comporta em uma mesma obra.

A maioria das comportas do perímetro possuem ajuste manual da altura, realizado por meio de movimentação de uma manivela (volante), esta manivela está acoplada a um redutor, utilizado para diminuir a força a ser aplicada pelo operador, este redutor está conectado a um eixo que traciona um cabo de aço ligado à comporta (PORCIÚNCULA; GIUSEPPE, 2019). Desta forma ao movimentar a manivela altera-se a inclinação da comporta e, conseqüentemente, sua altura e a do nível de água no canal. Esses ajustes podem ser diários e demandam de um operador e as tomadas de decisão para operá-las e sua utilização é dependente do nível de água demandado no canal à montante.

As Figuras 1 e 2 apresentam fotos dos vertedores com comporta basculante, as elevadoras de nível, encontradas no Perímetro da AUD.



Figura 1 – Elevadora de nível do Perímetro AUD com duas comportas.

Fonte: PORCIÚNCULA; GIUSEPPE, 2019.

Figura 2 – Elevadora de nível do Perímetro AUD com três comportas.

Fonte: PORCIÚNCULA; GIUSEPPE, 2019.

3. SISTEMAS HIDRÁULICOS

Os sistemas hidráulicos são tecnologias onde a utilização de um fluido pressurizado em conjunto de elementos físicos que realizam transferência de energia, por meio do fluido, permitindo a transmissão e o controle de forças e movimentos (LINSINGEN, 2003). Os sistemas hidráulicos têm como vantagem a atuação de sistemas que exigem grandes forças e/ou torques, proporcionando um controle com precisão da posição, velocidade e força de acionamento. Além disso, seus componentes de acionamento apresentam uma fácil instalação, possuem baixa relação tamanho-peso x potência se comparado com motores elétricos.

A Figura 3 apresenta um diagrama funcional do circuito hidráulico, de acordo com a Norma DIN 24300. O Quadro 1 apresenta a nomenclatura de cada componente.

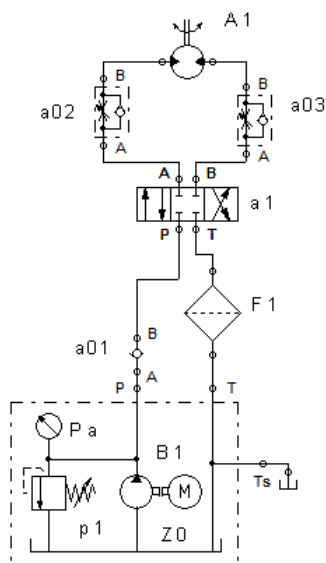


Figura 3 – Diagrama funcional do circuito hidráulico de acionamento.

Fonte: DOS SANTOS, 2021.

Quadro 1 – Nomenclatura dos componentes hidráulicos.

Legenda	
Z0	Reservatório de fluido hidráulico
B1	Bomba hidráulica
p1	Válvula limitadora de pressão
Pa	Manômetro
a01	Válvula de retenção
F1	Filtro
a1	Válvula de controle direcional 4/3 com centro fechado
a02 e a03	Válvula de controle de fluxo unidirecional
A1	Motor hidráulico de engrenagem

Fonte: DOS SANTOS, 2021.

A proposta de circuito hidráulico, Figura 3, apresenta algumas características fundamentais para o acionamento adequado das compostas das elevadoras de nível, tais como, transmissão de movimento rotacional, com controle de torque, velocidade e posição. O torque do motor hidráulico (A1) é controlado a partir da regulação da válvula limitadora

de pressão (p_1). A velocidade de acionamento da comporta ou rotação do motor hidráulico é controlada pelas válvulas de controle de fluxo (a_{02} e a_{03}). E o posicionamento da comporta é controlado pela movimentação do motor hidráulico (A_1) que é feita por meio da válvula de controle direcional (VCD) (a_1), a qual permite o acionamento da comporta, com a inversão no sentido do movimento, e parada em qualquer faixa de subida ou descida, garantindo abertura ou fechamento total e parcial da comporta.

4. SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Segundo Garcia Junior (2019) um sistema de automação pode apresentar cinco níveis de processos de operação, as principais funções comumente atribuídas a cada nível são: A medição e a atuação que permitem a interface com o processo e transdução; A aquisição e o controle que permitem o tratamento de variáveis, a aquisição de dados, o controle, o intertravamento, o sequenciamento, etc; A comunicação que é responsável pelo o gerenciamento dos recursos e meios, codificação, protocolos, etc; A supervisão que permite a operação, o monitoramento, o gerenciamento de alarmes e eventos, a aplicação de comandos e intervenções no sistema, a IHM, etc.

O desenvolvimento de sistemas de controle e automação e a evolução das tecnologias de instrumentação têm proporcionado uma maior precisão no controle de sistemas hídricos. Segundo Amaral e Righes (2005) um dos fatores que contribuem para reduzir a eficiência de irrigação é o baixo grau de controle exercido pelas estruturas de distribuição de água, nas quais, em sua maioria, dependem de regulagem manual, não mantendo a mesma vazão quando ocorrem variações na carga hidráulica

Nas próximas seções apresentamos as diferentes tecnologias de controle e automação que serão utilizados nas concepções propostas no acionamento das comportas do perímetro.

4.1 Controladores Lógicos Programáveis

O Controlador Lógico Programável (CLP) ou PLC do inglês *Programmable Logic Controller* é um equipamento de controle industrial microprocessado, criado com o intuito de substituir os quadros de comando há relés que apresentavam circuito lógico sequencial ou combinacional utilizados para o controle industrial, assim inicialmente efetuava especificamente o controle lógico de variáveis discretas, e atualmente usado para praticamente todos os tipos de controle (PRUDENTE, 2011). Segundo Carvalho (2016) a utilização de CLP se dá devido a adaptação de diversas funcionalidades, a aplicação em sistemas já existentes, com o mínimo de alterações, e economia de espaço, tendo em vista que um programa de CLP realiza a função de diversos relés.

O CLP funciona sequencialmente, captando o estado dos dispositivos ligados às suas entradas, operando a lógica de seu programa interno para determinar o estado dos dispositivos ligados às suas saídas. Quanto ao *hardware* de um Controlador Lógico

Programável é constituído de três componentes fundamentais: unidade central, unidade de entrada/saída ou I/O e unidade de programação (PRUDENTE, 2011).

A unidade de I/O refere-se às iniciais inglesas de *Input* (entrada) e *Output* (saída) e representa a interface entre a unidade central e a máquina ou dispositivo a ser controlado. A unidade de programação é o dispositivo que permite escrever o programa na memória do CLP. A unidade central é constituída pelas memórias de dados e de programa, pela unidade central de processamento (CPU) e pela fonte de alimentação.

A norma IEC61131-3 define as linguagens de programação que podem ser utilizadas nos CLP, neste trabalho utilizamos a programação em *ladder* que é uma linguagem gráfica, mais empregada no campo industrial para a programação do CLP, onde seus elementos gráficos se assemelham aos encontrados em diagramas e esquemas elétricos. O diagrama *ladder* é composto pela barra de alimentação (linha vertical esquerda) que comanda todos os elementos de entrada, pelo retorno comum ou massa (linha vertical direita) que conecta todas as variáveis de saída, pela zona de teste onde são programadas as lógicas de intertravamento segundo a lógica de evolução do processo e pela zona de ação destinada à variável de saída (PRUDENTE, 2011).

5. METODOLOGIA

A Metodologia proposta neste trabalho parte da avaliação dos diagramas funcionais estruturais e comportamentais dos sistemas de acionamento e de controle, representados pelos circuitos hidráulicos, circuitos elétricos e diagramas *Ladder*, respectivamente. A definição do projeto das concepções do sistema de automação e acionamento das estruturas hidráulicas são apresentados nas subseções seguintes.

Para avaliar e validar as concepções propostas do sistema de acionamento das comportas das elevadoras de nível apresentadas foi desenvolvido um protótipo na bancada hidráulica no Laboratório de Automação Industrial do Centro de Engenharias. Ele apresenta uma estrutura de comporta basculante, tracionada por um cabo de aço e acionada por um motor hidráulico, e a unidade de potência hidráulica utilizada é a da própria bancada. A Figura 4 apresenta uma foto da estrutura do protótipo e a Figura 5 mostra a unidade de potência hidráulica do protótipo.

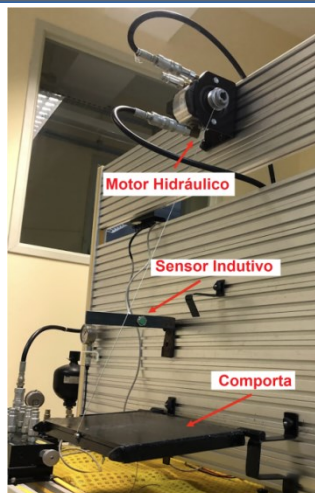


Figura 4 - Protótipo da comporta na bancada hidráulica do laboratório.
Fonte: DOS SANTOS, 2021.

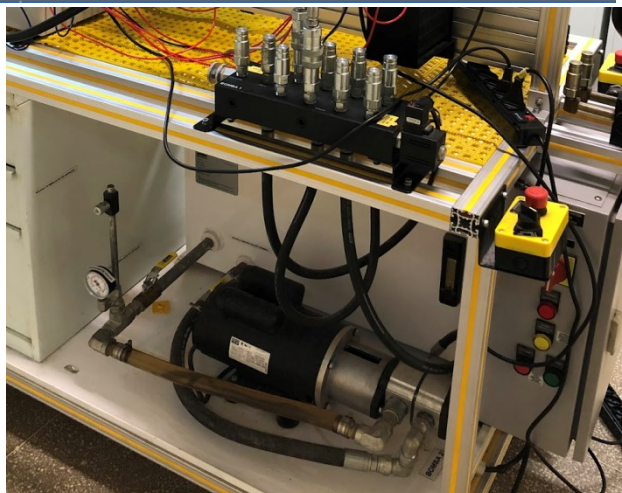


Figura 5 - Unidade de potência do protótipo.
Fonte: DOS SANTOS 2021.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas as concepções propostas dos sistemas de comando para o sistema de acionamento hidráulico das comportas das elevadoras de nível do perímetro. Nas próximas subseções serão abordados três tipos de comandos, hidráulico, elétrico e eletrônico por CLP.

6.1 Sistema de Comando Hidráulico

O sistema de comando hidráulico aciona o sistema de abertura e fechamento da comporta por meio da VCD 4/3 vias de centro fechado com acionamento manual por alavanca (a1), Figura 6. Neste sistema o operador controla o posicionamento da válvula por meio da alavanca, Figura 7, fazendo com que o seja acionado o motor, com o sentido de giro horário, anti-horário ou parado, assim a comporta irá abrir, fechar ou permanecer em repouso.

Esse experimento foi montado no laboratório conforme o circuito apresentado na Figura 7, após a montagem foram feitos os ensaios. Como resultado o sistema apresentou o funcionamento desejado, onde ao movimentar a alavanca para a posição 1 da VCD (a1) o motor gira no sentido horário e traciona o cabo de aço fechando a comporta, na posição 2, posição centrada, da VCD (a1) o sistema freia o motor hidráulico mantendo a comporta fixa na posição e na posição 3 da VCD (a1) o motor gira no sentido anti-horário e libera o cabo de aço abrindo a comporta. O controle de velocidade de acionamento é realizado pelas válvulas de controle de vazão (a02 e a03).

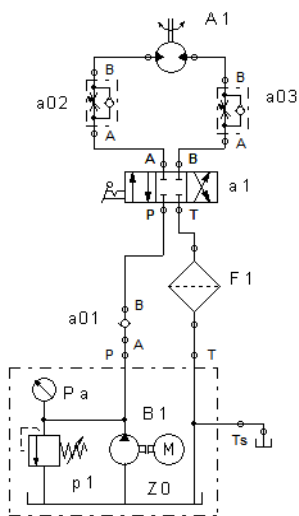


Figura 6 - Diagrama funcional do circuito hidráulico.

Fonte: DOS SANTOS, 2021.



Figura 7 - Implementação do circuito hidráulico com comando manual.

Fonte: AUTOR.

6.2 Sistema de Comando elétrico

O sistema de comando eletro-hidráulico aciona o sistema de abertura e fechamento da comporta por meio de um circuito elétrico que envia sinal de tensão para o solenóide da VCD 4/3 vias de centro fechado acionada por duplo solenóide e centrada por mola (a1), conforme mostrado na Figura 8. Desta forma a comporta irá abrir, fechar ou permanecer em repouso de acordo com a tensão (0V; 24V) que chega nos solenóides (VA) ou (VF). O Quadro 2 apresenta os códigos e a descrição funcional dos componentes do circuito elétrico e de acionamento do motor elétrico.

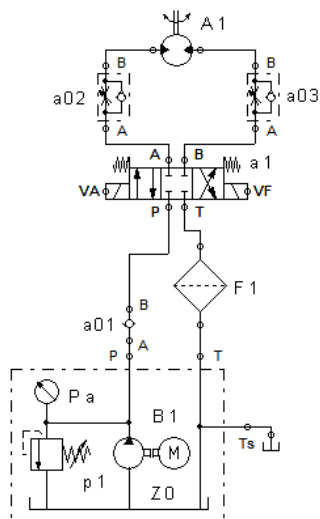


Figura 8 - Diagrama funcional do circuito hidráulico acionado por solenoide.

Fonte: DOS SANTOS, 2021.

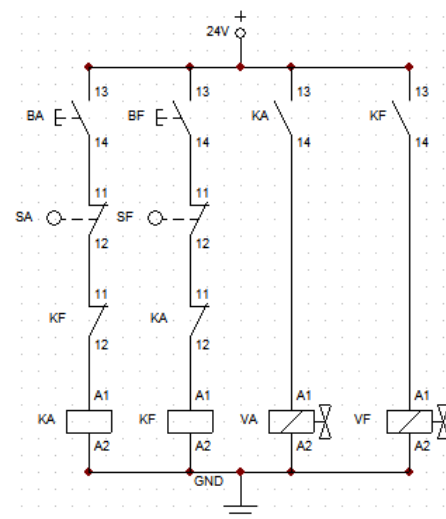


Figura 9 - Diagrama funcional do circuito elétrico para acionamento do solenoide.

Fonte: AUTOR.

Além disso, para garantir o adequado acionamento do motor hidráulico utilizou-se sensores indutivos para identificar o posicionamento da comporta, quando a mesma está totalmente aberta ou totalmente fechada, garantindo que o motor hidráulico seja acionado no sentido de giro adequado para a abertura e fechamento da comporta. Desta forma, utilizou-se botões de pulso sem trava elétricos para os comandos de abertura (BA) e fechamento (BF), sensores de fim de curso para detectar a posição fechada (SF) e aberta (SA) da comporta, conforme a Figura 9.

Considerando que o acionamento das comportas das elevadoras de nível são eventos temporários e de curto intervalo, ou seja, na maior parte do tempo a comporta estará em uma posição de repouso, ou totalmente fechada ou com algum grau de abertura, e nestes casos a VCD (a1) deve estar na posição normalmente fechada. Desta forma, o motor elétrico da bomba hidráulica deve ser acionado somente quando precisa-se acionar a comporta. A Figura 10 mostra o diagrama de acionamento do motor elétrico.

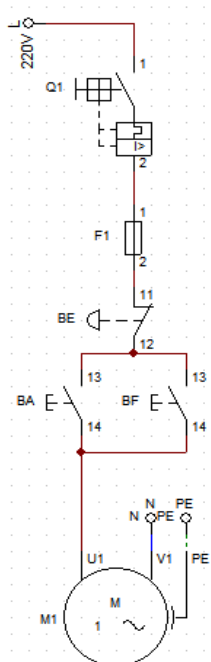


Figura 10 - Diagrama de acionamento do motor elétrico.
Fonte: DOS SANTOS, 2021.

Quadro 2 - Códigos e Descrição funcional dos componentes do circuito elétrico

Código	Descrição funcional
BA	Botão utilizado para abertura da comporta
SA	Sensor fim de curso que detecta a comporta na posição 100% aberta
KA	Contator auxiliar utilizada para o acionamento do solenóide SA e para realizar o intertravamento com do circuito de fechar a comporta
BF	Botão utilizado para fechar a comporta
SF	Sensor fim de curso que detecta a comporta na posição 100% fechada
KF	Contator auxiliar utilizada para o acionamento do solenóide SF e para realizar o intertravamento com do circuito de abrir a comporta
VA	Solenóide que pilota a válvula para o sentido de abertura da comporta
VF	Solenóide que pilota a válvula para o sentido de fechamento da comporta.
BE	Botão de emergência
Q1	Disjuntor termomagnético monofásico
F1	Fusível
M1	Motor elétrico que movimenta a bomba

Fonte: DOS SANTOS, 2021.

Com esses circuitos garantimos uma segurança ao sistema, através do intertravamento dos contadores de acionamento da válvula e da detecção do fim dos cursos da comporta, e uma economia de energia, pois o motor da bomba só será energizado quando for aplicado algum comando no sistema.

O experimento foi montado no laboratório conforme o circuito apresentado na Figura 12, após a montagem foram feitos os ensaios. Como resultado o sistema apresentou o funcionamento desejado, onde ao acionar o botão fechar (BF), se o sensor de fechamento (SF) não estiver acionado, o solenóide é ativado (VF) posicionado a VCD (a1) na posição 1 fazendo motor gira no sentido horário e tracionar o cabo de aço fechando a comporta. No outro sentido quando acionamos a posição 3 da VCD (a1) o motor gira no sentido anti-horário e libera o cabo de aço abrindo a comporta, no entanto isso só acontecerá se o sensor (SA) não estiver acionado. O acionamento do botão de emergência coloca a VCD (a1) na posição 2, centrada. Nesta posição o sistema freia o motor hidráulico mantendo a comporta fixa permitindo a parada da comporta em qualquer posição.

A Figura 11 mostra os elementos do protótipo da bancada e a Figura 12 mostra a implementação do sistema eletro-hidráulico.

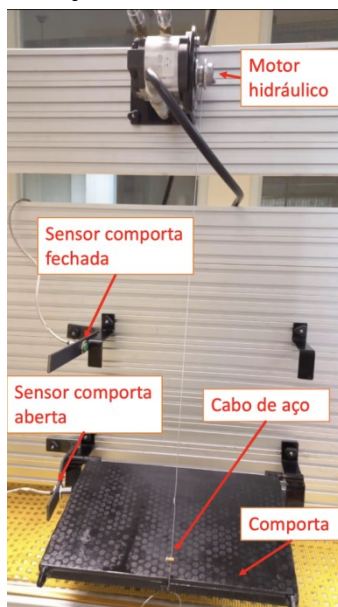


Figura 11 - componentes do protótipo da comporta

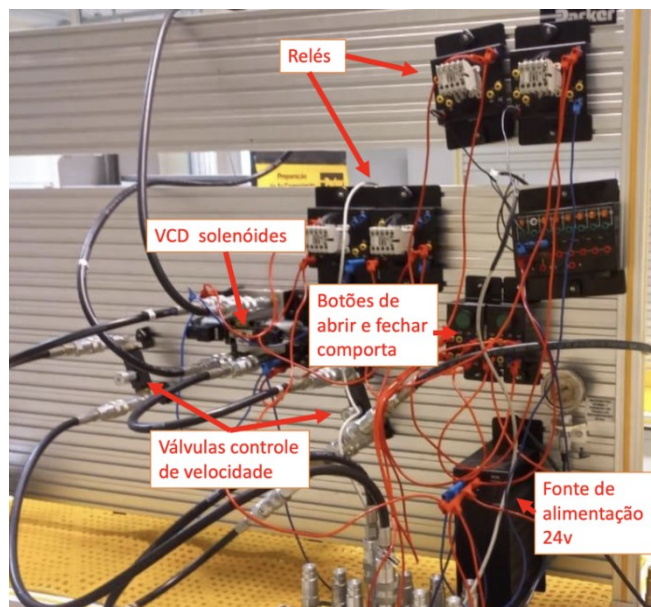


Figura 12 - implementação do circuito eletro-hidráulico

6.3 Sistema de Comando Eletrônico por CLP

O sistema de comando eletrônico, neste trabalho feito por CLP, aciona o sistema de abertura e fechamento da comporta por meio de uma programação lógica programada que possibilita considerar diferentes cenários de acordo com as condições de acionamento da comporta, tais como, posição atual da comporta e nível de água dos canais.

O CLP necessário para essa implementação deverá apresentar no mínimo quatro entradas digitais, uma entrada analógica e três saídas digitais. A Figura 13 apresenta um diagrama conceitual do circuito elétrico necessário para a inserção dos sinais de entrada, vindo dos sensores, e as conexões dos sinais de saída, os solenóides da válvula direcional e o contator de acionamento do motor da bomba (KM).

O sistema de comando por CLP aciona o sistema de abertura e fechamento da comporta por meio de um sinal digital que envia sinal de tensão para o solenóide da válvula VCD (a1). Desta forma, a programação do CLP envia sinal de tensão por meio de um sinal digital (Y000 e Y001) para o solenóide da VCD (a1). A Figura 14 mostra parte do diagrama *Ladder* da programação do CLP e o quadro 3 apresenta a legenda das variáveis.

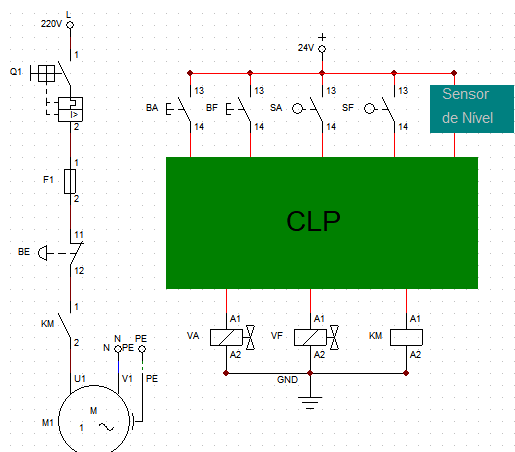


Figura 13 - Diagrama conceitual do circuito de automação via CLP.
Fonte: AUTOR.

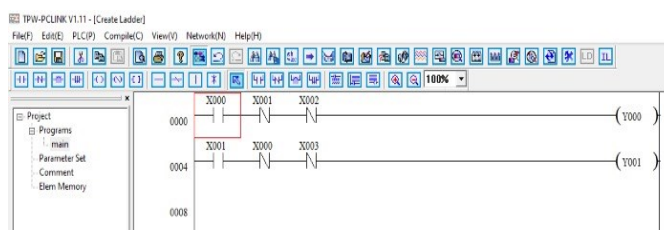


Figura 14 - implementação diagrama *ladder* no CLP.
Fonte: DOS SANTOS, 2021.

Este sistema permite receber comandos remotamente e também aplicar um sistema de atuação automático, onde define-se um nível desejado de água, detecta-se o nível atual do canal, através de sensores, e aplica-se os ajustes necessários, conforme a lógica desenvolvida no programa. Para detectar o nível de água pode-se aplicar sensores de vareta ou sensores ultra-sônicos. Os sensores de vareta detectam o nível de acordo com o seu posicionamento no canal, os sensores ultra-sônicos detectam o nível do canal em uma faixa contínua na altura do canal.

Neste experimento utilizamos o CLP disponível no laboratório, o TPW 03-30HR-A da WEG, conforme mostrado na Figura 15. Este CLP apresenta entradas e saídas digitais e comunicação serial RS485. Sua programação é realizada no computador e enviada para a memória do CLP, esta conexão é realizada por um conversor serial USB.

Após gravar o código no CPL e realizar as conexões dos sensores e dos solenóides foram realizados os testes de funcionamento que apresentaram os resultados desejados de abertura e fechamento da comporta. A Figura 15 apresenta os componentes utilizados neste protótipo.

Quadro 3 - Códigos e Descrição funcional do programa *ladder*

Código	Descrição funcional
X000	Entrada 0 do CLP conectado ao Botão BA
X001	Entrada 1 do CLP conectado ao Botão BF
X002	Entrada 2 do CLP conectado ao Sensor SA
X003	Entrada 3 do CLP conectado ao Sensor SF
Y000	Saída 0 do CLP conectado ao Solenóide VA
Y001	Saída 1 do CLP conectado ao Solenóide VF

Fonte: DOS SANTOS, 2021.

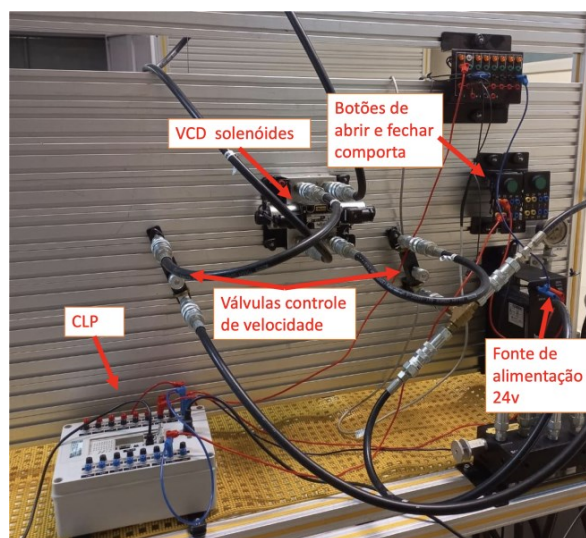


Figura 15 Circuito hidráulico controlado por CLP.
Fonte: DOS SANTOS, 2021.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Neste estudo foram analisadas três concepções para o acionamento hidráulico de um sistema de acionamento de comportas de elevadoras de nível de um perímetro de irrigação. Os sistemas de comandos analisados foram comando hidráulico, elétrico e eletrônico por CLP. Para validar a funcionalidade das concepções, os sistemas propostos foram implementados em um protótipo físico no laboratório.

De acordo com as análises realizadas nos diagramas funcionais das concepções e nos testes no protótipo verificou-se diferentes possibilidades de aperfeiçoar os sistemas de acionamento das estruturas hidráulicas de um perímetro de irrigação.

Além disso, conclui-se que o nível de automação e controle poderá variar de acordo com a necessidade de cada estrutura hídrica e que o comando eletrônico por CLP é o sistema mais flexível possibilitando o controle de diferentes variáveis e a inserção de aquisição de dados por meio de sensores. Além disso, dispensa componentes físicos, tais como válvulas hidráulicas e relés, aumentando a confiabilidade e eficiência do sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. G.H.; RIGHES, A. A. **Estruturas automáticas para controle de água nos canais em lavoura de arroz irrigado**. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 1, p. 272-281, 2005.

CARVALHO, Gustavo Costa. **Implementação em laboratório de um sistema de automação de comportas deslizantes de tomada d'água por meio de clp**. 2016. 68 f. Trabalho de

Conclusão de Curso - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

DOS SANTOS, Ricardo da Silveira. **Sistema de Automação e Acionamento de Infraestruturas de Elevadores de Nível para Perímetros de Irrigação** . 2021. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

ERBISTE, Paulo Cesar F. **Comportas hidráulicas**. Rio de Janeiro: 1. ed. Campus, 1987.

GARCIA JUNIOR, Ervaldo. **Introdução a sistemas de supervisão, controle e aquisição de dados, SCADA**. Rio de Janeiro Alta Books 2019 1 recurso online ISBN 9788550807744.

LINSINGEN, I.V. **Fundamentos de sistemas hidráulicos**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2003. 399 p.

PORCIÚNCULA, G.S., DAMÉ, R. C.F., TEIXEIRA-GRANDA, C.F.A.. **Estudo e Avaliação do Perímetro Público de Irrigação do Arroio Duro**, Pelotas-RS, nov. 2019.

PORCIÚNCULA, G.S., STEFANELLO, G.. **Proposta de Revitalização do Perímetro Público de Irrigação do Arroio Duro**, Pelotas-RS, nov. 2019.

PRUDENTE, Francisco. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.