

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
LICENCIATURA EM ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

TEMA:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE NÍVEL
NAS PLANTAS INDUSTRIAIS UTILIZANDO O CONTROLE LÓGICO
PROGRAMÁVEL. ESTUDO DE CASO, EMPRESA TESTE ANGOLA,
ILHA DE LUANDA, MUNICÍPIO DE LUANDA , I SEMESTRE DO ANO
2024.**

Autor: Rosário Paulo Celestino Nekubo

Orientador: Antunes Félix Viti Chicolomuenho, Lic.

Icolo e Bengo, 2025

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

LICENCIATURA EM ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

TEMA:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE NÍVEL
NAS PLANTAS INDUSTRIAIS UTILIZANDO O CONTROLE LÓGICO
PROGRAMÁVEL. ESTUDO DE CASO, EMPRESA TESTE ANGOLA,
ILHA DE LUANDA, MUNICÍPIO DE LUANDA , I SEMESTRE DO ANO
2024.**

Projecto apresentado ao Instituto Superior de Angola, como requisito para obtenção do grau de licenciado no curso de Electrónica e Telecomunicações, sob a orientação Lic. Antunes Viti Félix Chicolomuenho.

Autor: Rosário Paulo Celestino Nekubo

Orientador: Antunes Félix Viti Chicolomuenho, Lic.

Icolo e Bengo, 2025

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

LICENCIATURA EM ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE NÍVEL
NAS PLANTAS INDUSTRIAIS UTILIZANDO O CONTROLE LÓGICO
PROGRAMÁVEL. ESTUDO DE CASO, EMPRESA TESTE ANGOLA,
ILHA DE LUANDA, MUNICÍPIO DE LUANDA , I SEMESTRE DO ANO
2024.**

BANCA EXAMINADORA

O JÚRI

Presidente_____

Oponente_____

Orientador (a)_____

Secretário_____

CLASSIFICAÇÃO:_____

DATA DA DEFESA_____/_____/_____

DEDICATÓRIA

Aos meus Amigos pastor Sérgio Nda e Rogério Kidienga, que sempre me apoiaram incondicionalmente ao longo desta jornada acadêmica, por terem me dado incentivo e valores transmitidos que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo fôlego de vida, proteção divina pela saúde e por me ter permitido chegar até aqui.

A minha família, minha base e meu alicerce, expresso a minha eterna gratidão.

Ao meu orientador, Eng.º Antunes Félix Viti Chicolomuenho, pelo seu apoio inestimável, orientação criteriosa e paciência ao longo deste percurso. A sua dedicação, seu conhecimento foi fundamental para realização deste trabalho.

Ao Instituto Superior de Angola, por me proporcionar uma formação de qualidade e um ambiente académico enriquecedor. Agradeço aos professores e colaboradores da instituição pelo empenho e apoio ao longo da minha jornada académica, contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

EPÍGRAFE

"Se não podes medir, não podes melhorar."

Lord Kelvin (William Thomson), 1883.

RESUMO

O presente trabalho consistiu na seguinte temática: **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE NÍVEL NAS PLANTAS INDUSTRIAIS UTILIZANDO O CONTROLE LÓGICO PROGRAMÁVEL**, que teve como objectivo geral Desenvolvimento de um sistema de controle de nível de tanque de águas residuais em uma planta industrial utilizando Controladores Lógicos Programáveis. Na sequência, a fim de satisfazer o nosso objectivo geral definimos os seguintes objectivos específicos: Estudo de fundamentos teóricos do controle de nível em sistemas industriais; Identificamos os requisitos técnicos e operacionais para a aplicação do CLP no controle de nível; Projetamos e programamos o sistema no CLP, utilizando ferramentas específicas de automação industrial; Realizamos testes de validação para avaliar a eficiência do sistema e Comparamos os resultados obtidos com sistemas de controle convencionais. Sendo um trabalho de carácter prático optou -se por uma pesquisa aplicada com o modelo de abordagem sendo o qualitativo. Para a construção do sistema usou-se várias ferramentas tendo como principais: o Scada, Tanques, VFD, PLC e IHM. Ao longo deste estudo, foi possível implementar uma solução eficaz e de baixo custo para o monitoramento e controle automático do nível de água em tanques de tratamento, no intuito de garantir a eficiência operacional e a sustentabilidade do processo.

Palavras-chave: Controlo, Lógico Programável, planta industrial

ABSTRACT

The present work consisted of the following theme: **DEVELOPMENT OF A LEVEL CONTROL SYSTEM IN INDUSTRIAL PLANTS USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL**, which has as its general objective to develop a wastewater tank level control system in an industrial plant using Programmable Logic Controllers. Subsequently, in order to satisfy our general objective, we defined the following specific objectives: Study the theoretical foundations of level control in industrial systems; Identify the technical and operational requirements for applying PLC in level control; Design and program the system in the PLC, using specific industrial automation tools; Perform validation tests to evaluate the efficiency of the system and compare the results obtained with conventional control systems. As this is practical work, we opted for applied research with a qualitative approach model. Several tools were used to build the system, the main ones being: Scada, tanks, PLC, HMI. Throughout this study, it was possible to implement an effective and low-cost solution for the automatic monitoring and control of water levels in treatment tanks, with the aim of ensuring operational efficiency and process sustainability.

Keywords: Control, Programmable Logic, Industrial plant

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa Resumo das Eras das Industrias.....	6
Figura 2.1 – Tanques Industriais.....	10
Figura 2.2 - Sensor.....	10
Figura 2.3 - NivoCap NC 8100- Sensor Capacitivo de nível.....	11
Figura 2.4 - Mapa de Funcionamento do CLP.....	12
Figura 2.5 - PLC DVP20SX2.....	13
Figura 2.6 - Partida direita do Motor em Ladder.....	14
Figura 2.7 – Digrama de Bloco.....	15
Figura 2.8 - Partida Direita em ST.....	15
Figura 2.9 – Interface do software Ispsoft.....	18
Figura 2.10 – Esquema do Sistema em Malha Aberta.....	19
Figura 2.11 – Esquema do Sistema em Malha fechada.....	20
Figura 2.12 - Equação do controlo de Velocidade.....	21
Figura 2.13 – VFD.....	23
Figura 2.14 – Contactor de Força.....	24
Figura 2.15 - Estator e Rotor do Motor.....	25
Figura 2.16 – Motor Trifásico de Indução.....	26
Figura 2.17 – Fechamentos de Motor.....	27
Figura 3.1 - Esquema Elétrico do Projecto.....	31
Figura 3.2 – Mapa de Cálculos Binário dos registradores.....	33
Figura 3.3 – Configuração das entradas e saídas analógica.....	33
Figura 3.4 – Escalonamento do Sinal do Primeiro Sensor.....	34
Figura 3.5 – Escalonamento do Sinal do Sensor 2.....	35
Figura 3.6 – Escalonamento do Sinal do Sensor3.....	36
Figura 3.7 - Definição do maior Valor e armazenamento no registrador D110.....	37
Figura 3.8 – Escalonamento do Sinal de saída.....	38
Figura 3.9 – Envio do sinal escalonado para Registrador de saída.....	38
Figura 3.10 – Programação de Sensores Digitais.....	39
Figura 3.11 – Simulador do Sistema Construído.....	41
Figura 3.12 – Projeção do Sistema em Scada ou IHM.....	42

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
• Objectivos Geral.....	1
• Objectivos Específicos.....	2
• Delimitação e Limitação.....	2
• Justificativa.....	2
1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
1.1. Definição dos termos e conceitos.....	3
1.2. Indústria 4.0.....	4
1.2.1 Principais Tecnologias da Quarta Revolução Industrial.....	5
2. CAPÍTULO II: METODOLOGIA DE PESQUISA.....	7
2.1. Tipo de pesquisa.....	7
2.2. Modelo de abordagem.....	7
2.3. Nível de estruturação de métodos.....	7
2.4. Técnicas de recolha de dados.....	9
2.5. Instrumentos e procedimentos de recolha de dados.....	9
2.6. Material Utilizado.....	10
2.6.1 Tanques industriais.....	10
2.6.2 Sensores e Malhas de Controle.....	10
2.6.3 Controlador Lógico Programável.....	12
2.6.4 Linguagem de Programação.....	14
2.6.5 IHM (Interface homem Máquina) e SCADA (Sistema Supervisorio)....	16
2.6.6 Software Utilizados.....	18
2.6.7 Sistemas de Controlo.....	19
2.6.8 Inversores de Frequência.....	20
2.6.9 Motor Elétrico.....	25
3. CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E RESULTADOS	28
3.1. Apresentação e interpretação dos resultados.....	28

• Lista dos Materiais.....	29
• Reunião de Segurança.....	29
• Montagem, Instalação e Funcionamento do Sistema.....	29
CONCLUSÃO.....	46
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICES	
ANEXOS	

INTRODUÇÃO

Este projecto é apresentado ao Instituto Superior de Angola como requisito para a elaboração do trabalho de fim do curso e aquisição do grau de licenciatura em Electrónica e Telecomunicações sob tema “**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE NÍVEL NAS PLANTAS INDUSTRIAIS UTILIZANDO O CONTROLE LÓGICO PROGRAMÁVEL**”.

O controle de nível é uma das principais demandas em plantas industriais, sendo crucial para garantir eficiência, segurança e produtividade nos processos. O uso de Controladores Lógicos Programáveis (CLP) apresenta-se como uma solução eficaz para a automação desses sistemas, possibilitando maior precisão e flexibilidade. Este trabalho buscou explorar a aplicação de CLPs no controle de nível, com foco em plantas industriais que operam em regime contínuo ou descontínuo.

Este projeto teve como objetivo apresentar as etapas para implementação de um sistema de controle de nível baseado em CLPs, considerando aspectos técnicos e práticos, bem como a relevância desse tipo de automação para a indústria 4.0.

A utilização de Controladores Lógicos Programáveis pode otimizar o controle de nível em plantas industriais, garantindo maior eficiência e redução de custos operacionais.

No contexto da Indústria 4.0, a implementação de tecnologias inteligentes se torna cada vez mais necessária para aumentar a competitividade e a sustentabilidade das empresas. Este trabalho propôs a aplicação de CLPs em sistemas de controle de nível, explorando soluções de automação que atendam às demandas do mercado industrial contemporâneo.

- **Objectivos**

- **Geral**

Desenvolver um sistema de controle de nível de tanque de águas residuais em uma planta industrial utilizando Controladores Lógicos Programáveis.

- **Específicos**

1. Estudar os fundamentos teóricos do controle de nível em sistemas industriais;
2. Identificar os requisitos técnicos e operacionais para aplicação do CLP no controle de nível;
3. Projetar e programar o sistema no CLP, utilizando ferramentas específicas de automação industrial;
4. Realizar testes de validação para avaliar a eficiência do sistema;
5. Comparar os resultados obtidos com sistemas de controle convencionais.

- **Delimitação e Limitação**

Delimitação: O presente estudo foi desenvolvido na empresa Test Angola, sito Ilha de Luanda durante o segundo semestre de 2024.

Limitação: Limitamos o nosso estudo apenas aos funcionários do quadro técnico da empresa Test Angola.

- **Justificativa**

O controle de processos industriais é fundamental para a manutenção de padrões de qualidade, segurança e eficiência. O avanço da tecnologia de automação, com destaque para os CLPs, oferece novas possibilidades para melhorar o desempenho de sistemas críticos, como o controle de nível.

A automação industrial tem se consolidado como um pilar essencial para a competitividade e inovação nas indústrias modernas. Dentre as diversas tecnologias disponíveis, o Controle Lógico Programável (CLP) se destaca por sua versatilidade, confiabilidade e capacidade de integração com sistemas complexos. Em aplicações de controle de nível, o uso de CLPs não apenas melhora a precisão do monitoramento e o desempenho operacional, mas também permite reduzir custos relacionados a desperdícios, manutenção corretiva e paradas não planejadas.

A relevância deste estudo reside na busca por soluções que atendam às exigências da Indústria 4.0, onde sistemas conectados, inteligentes e sustentáveis são imperativos. Ao explorar a implementação de um sistema de controle de nível baseado em CLPs, conseguimos contribuir para o aprimoramento das práticas de automação industrial.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Definição dos termos e conceitos

- **Controlo**

Segundo Ogata (1997) O controlo é o processo de projetar e implementar sistemas que regulam automaticamente variáveis de interesse dentro de limites desejados.

Para Dorf e Bishop (2001) Sistemas de controlo são utilizados para melhorar o desempenho, estabilidade e confiabilidade de processos industriais e tecnológicos.

Segundo Chiavenato (2000) Controlo é o processo de verificar se as atividades estão sendo realizadas conforme o planejado e, em caso contrário, corrige as possíveis falhas ou desvios.

Para Nise (2000) Controlo é o processo de alterar o comportamento de um sistema dinâmico para atender a objetivos específicos por meio de realimentação e ajustes automáticos.

- **Lógico Programável**

Wendling (2020) define "lógico programável" como um tipo de dispositivo utilizado para implementar circuitos lógicos digitais, cujas funções podem ser modificadas por meio de programação, sem a necessidade de substituir fisicamente o componente. Exemplos incluem FPGA (Field-Programmable Gate Arrays) e PLDs (Programmable Logic Devices).

Beasley & McMillan (2007) descrevem dispositivos lógicos programáveis como circuitos que podem ser configurados por meio de linguagens de descrição de hardware, como VHDL ou Verilog, permitindo que o usuário defina a função desejada de forma flexível.

Morris (2001) ele explica que os dispositivos lógicos programáveis são usados principalmente em protótipos de circuitos digitais e sistemas embarcados,

oferecendo uma solução prática e econômica, pois eliminam a necessidade de fabricar um chip personalizado para cada aplicação

- **Planta Industrial**

Segundo Slack et al. (2009) uma planta industrial é um espaço onde os processos produtivos são organizados de forma a atender os requisitos de produção com eficiência, otimizando o fluxo de materiais, informações e pessoas.

Já para Tubino (2010) uma planta industrial deve ser planejada considerando aspectos técnicos, econômicos e ergonômicos para garantir que o espaço físico suporte as operações com segurança, produtividade e qualidade.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) Enfatizam que o layout e a configuração da planta industrial são elementos críticos para maximizar a eficiência operacional e a flexibilidade do sistema produtivo, adaptando-se às variações na demanda e à introdução de novas tecnologias.

1.2. Indústria 4.0

A Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, representa uma transformação profunda no setor industrial, caracterizada pela fusão entre o mundo físico, digital e biológico. Este conceito nasceu na Alemanha, no início da década de 2011, como parte de uma estratégia para modernizar a produção industrial, e rapidamente se tornou um marco global de inovação e desenvolvimento tecnológico.

O conceito de Quarta Revolução Industrial começou a ser mencionada em 2011, mas ganhou destaque em 2016 por Klaus Schwab, fundador do Fórum Económico Mundial, em uma obra homónima.

A Quarta Revolução Industrial gera um mundo no que os sistemas de fabricação virtuais e físicos cooperam entre si de uma maneira flexível a nível global". Porém, não consiste somente em sistemas inteligentes e conectados. Seu alcance é mais amplo e vai desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia,

das energias renováveis à computação quântica. É a fusão destas tecnologias e sua interação por meio dos domínios físicos, digitais e biológicos que fazem com que a Quarta Revolução Industrial seja diferente das anteriores".

Para abordar como chegamos à Quarta Revolução Industrial é conveniente olhar para trás e revisar as três revoluções industriais anteriores, e como cada uma delas mudou a forma de ser e estar no mundo em sua época. A seguir, as resumimos:

Primeira Revolução Industrial. Chega quase ao final do século XVIII, em 1784, com o uso do vapor na produção mecânica. O aparecimento do primeiro tear mecânico é um de seus marcos.

Segunda Revolução Industrial. Em 1870 tem início a produção em grande escala baseada na eletricidade. Inventam-se a cadeia de montagem e o setor industrial vive uma extraordinária aceleração.

Terceira Revolução Industrial. Em 1969, com a informática, começamos, programar as máquinas o que resulta em uma progressiva automatização.

1.2.1 Principais Tecnologias da Quarta Revolução Industrial

A Quarta Revolução Industrial é impulsionada por uma série de tecnologias avançadas que estão transformando a maneira como vivemos e trabalhamos. Entre as principais tecnologias destacam-se:

Internet das Coisas (IoT): Refere-se à interconexão de dispositivos físicos através da internet, permitindo a coleta e troca de dados em tempo real para otimizar processos e tomar decisões mais informadas.

Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning: Tecnologias que permitem que máquinas aprendam e tomem decisões de forma autônoma, aprimorando a eficiência e a precisão em diversas aplicações industriais.

Big Data e Análise de Dados: A capacidade de processar grandes volumes de dados e extrair insights valiosos para melhorar a tomada de decisões e a performance operacional.

Robótica Avançada: Robôs mais inteligentes e versáteis que podem executar uma variedade de tarefas complexas com alta precisão, aumentando a produtividade e reduzindo erros.

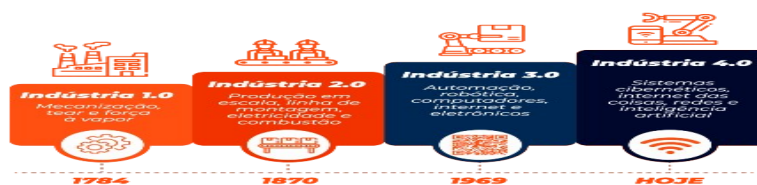
Impressão 3D: Também conhecida como manufatura aditiva, permite a criação de objectos tridimensionais a partir de modelos digitais, possibilitando a produção personalizada e a prototipagem rápida.

Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV): Tecnologias que proporcionam experiências imersivas e interativas, usadas para treinamento, manutenção e design de produtos.

Computação em Nuvem: Oferece recursos de armazenamento e processamento de dados acessíveis pela internet, facilitando a colaboração e o acesso a informações de qualquer lugar.

Nanotecnologia: Manipulação de materiais em escala nanométrica para criar produtos com propriedades aprimoradas, como maior resistência e durabilidade.

Figura: 1 - Mapa Resumo das Eras das Industrias



Fonte <https://jorgeaudy.com/>

Em síntese, a Indústria 4.0 não é apenas uma evolução tecnológica, mas um marco que exige equilíbrio entre inovação, ética e responsabilidade social. Seu sucesso dependerá da capacidade de harmonizar avanços tecnológicos com o desenvolvimento humano e ambiental, garantindo que o progresso beneficie a sociedade como um todo. Segundo HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. (HICSS) 2016.

CAPÍTULO II: METODOLOGIA DE PESQUISA

1.3. Tipo de pesquisa

Sendo um trabalho de carácter prático utilizamos para a sua elaboração a pesquisa aplicada. Para Gil (2008), a pesquisa aplicada é aquela voltada para a solução de problemas práticos e que resulta em benefícios diretos para a sociedade ou para o sector em que se desenvolve. Segundo ele, ela se distingue da pesquisa básica por seu foco na aplicação dos resultados em situações reais.

Segundo Raul (2008) a pesquisa aplicada é uma forma de intervenção, em que o pesquisador atua diretamente sobre os problemas sociais ou económicos, buscando mudanças concretas ou melhorias em determinado contexto.

Já para Marconi e Lakatos (2017) – A pesquisa aplicada, para esses autores, é caracterizada pela tentativa de adaptar a teoria para resolver problemas concretos. A principal diferença da pesquisa pura ou básica, é que a pesquisa aplicada busca a solução de problemas específicos e tem um foco na utilidade prática do conhecimento gerado.

1.4. Modelo de abordagem

Na nossa investigação tomamos como modelo de abordagem, o modelo qualitativo. segundo Minayo(2008), a pesquisa qualitativa é caracterizada pela busca de compreender as experiências e as percepções das pessoas, em vez de apenas medir fenómenos. Minayo afirma que a abordagem qualitativa é flexível, sendo capaz de abordar fenómenos que não podem ser quantificados facilmente, como atitudes, sentimentos e comportamentos humanos. Ela descreve a pesquisa qualitativa como um processo contínuo de imersão no campo de pesquisa, onde o pesquisador coleta dados que refletem as múltiplas realidades do contexto investigado.

1.5. Nível de estruturação de métodos

a) Nível Teórico

A fim de fundamentar o trabalho e obter conhecimento prévio sobre o tema, utilizamos os seguintes:

- **Revisão Bibliográfica**

Este método nos permitiu reunir conceitos, estudos e teorias relacionadas ao controle de nível e ao uso de CLPs, através de pesquisas em livros, artigos científicos e normas técnicas.

- **Análise de Normas e Padrões Industriais**

Utilizamos este método para identificação de boas práticas e requisitos para sistemas industriais, focando nas normas relacionadas à segurança e automação.

b) Nível Empírico/Experimental

Para podermos desenvolver, implementamos e testamos o sistema proposto, usamos os seguintes métodos de nível prático:

- **Desenvolvimento Experimental**

Este método foi utilizado para construir e programar o sistema utilizando ferramentas práticas, como:

- Programação de CLP com software especializado (ex.: Lspsoft, Elipse3 e Micromedia Flush8).
- Montagem do circuito com sensores, atuadores e CLP.
- Configuração de parâmetros de controle (ex.: níveis máximos/mínimos de operação).

- **Simulação Computacional**

Utilizamos esse método para testar o funcionamento do sistema em um ambiente virtual. Para tal usamos:

- Uso de simuladores como Elipse3/Flush 8/CadSimu para avaliar a resposta do sistema.
- Simulação de falhas e ajustes no controle de nível antes da aplicação prática.

Testes e Validação

Este método foi usado a fim de avaliar o desempenho do sistema que foi desenvolvido e identificou possibilidades de melhorias, fazendo o seguinte:

- Análise de tempo de resposta, precisão e eficiência energética.
- Comparação entre o desempenho esperado (teórico) e o observado (prático).

1.6. Técnicas de recolha de dados

A recolha de dados é uma etapa crucial em qualquer pesquisa, pois é nela que o pesquisador adquire as informações necessárias para responder às perguntas de pesquisa. Entretanto para a nossa pesquisa utilizamos as seguintes técnicas:

- **Entrevistas**

Segundo **Gil (2008)** a entrevista é uma técnica de coleta de dados na qual o pesquisador interage diretamente com os participantes para obter informações sobre suas experiências, opiniões ou sentimentos.

- **Observação**

Segundo **Minayo (2008)** a observação é uma técnica fundamental em pesquisas qualitativas, especialmente em estudos sociais, onde o pesquisador observa os sujeitos em seu ambiente cotidiano, registrando os comportamentos e as interações.

1.7. Instrumentos e procedimentos de recolha de dados

- **Guião de entrevista**

Segundo Creswell (2014) o **guião de entrevista** é um instrumento que orienta a condução de entrevistas, especialmente entrevistas semiestruturadas ou não estruturadas. O guião contém uma lista de perguntas ou tópicos que o pesquisador deseja explorar com o entrevistado, mas deixa espaço para a flexibilidade e aprofundamento, conforme a conversa se desenvolve.

- **Grelha de observação**

A grelha de observação é um instrumento utilizado para registrar de forma sistemática o comportamento ou as ações observadas durante uma pesquisa, especialmente em estudos qualitativos como a etnografia ou a pesquisa-ação. A grelha facilita a coleta de dados, organizando os diferentes aspectos que precisam ser observados e anotados.

1.8. Material Utilizado

2.6.1 Tanques industriais

Tanques industriais são equipamentos utilizados para armazenar, processar e transportar uma grande variedade de substâncias e materiais em indústrias.

Esses tanques são projetados para atender as diferentes necessidades, dependendo da aplicação, como armazenamento de água, combustíveis, produtos químicos, alimentos e bebidas, entre outros. *Segundo McGraw-Hill, 2014 no Livro Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5.^a ed.,)*

Definição e Finalidade

Tanques de armazenamento de águas residuais são recipientes projetados para reter temporariamente efluentes domésticos, industriais ou municipais antes do tratamento, descarte ou reutilização. Evitam a contaminação ambiental e gerem o fluxo de efluentes.

Figura: .2 – Tanques Industriais



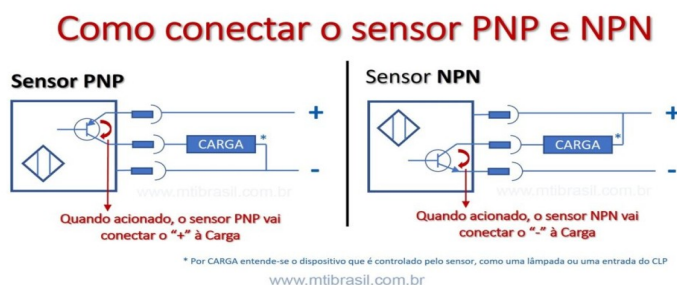
Fonte: Elaboração Própria

2.6.2 Sensores e Malhas de Controle

Os sensores são dispositivos que detectam e medem variações em fenômenos físicos ou químicos, convertendo essas informações em sinais elétricos

ou digitais para processamento. São usados em diversas aplicações industriais, automação, eletrônica, saúde e muito mais. Segundo Albuquerque, P. U. B.; Thomazini, D. (2005).

Figura.:3 - Sensor



Fonte: MTiBrasil website

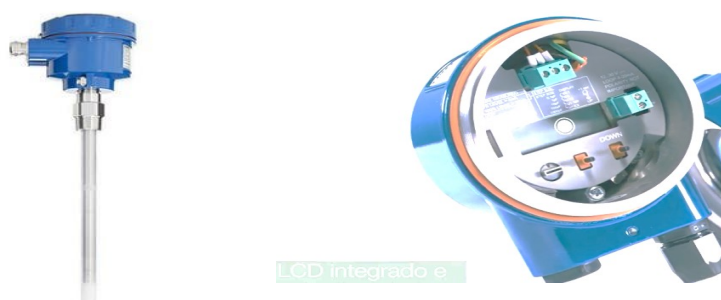
Tipos de Sensores

Os sensores podem ser classificados de várias maneiras, conforme o tipo de sinal que detectam ou a sua aplicação. Alguns tipos de Sensores são:

Indutivos, Capacitivos, Térmicos, Foto elétricos, Ultrassônico, Pressão e Elétrico.

Neste projecto, usamos o sensor Capacitivo analógico de nível e Sensores digitais capacitivo (**NivoCap NC 8100**) .

Figura.4 - NivoCap NC 8100- Sensor Capacitivo de nível



Fonte: Fabricante

Medição de nível com tecnologia de medição capacitiva

Para explicar a tecnologia de medição de nível capacitivo, é importante compreender o princípio básico de um condensador. Um condensador consiste em dois elétrodos condutores, isolados um do outro. Ele tem a capacidade de armazenar energia entre os seus elétrodos, dentro de um campo elétrico.

Se um material não condutor (o dielétrico, representado por ϵ_r) for colocado entre os elétrodos, a quantidade de energia armazenada aumenta e, conseqüentemente, a capacitância do condensador. Esta é determinada adicionalmente pelas dimensões dos elétrodos (área A) e pela distância (d) entre eles.

A capacitância de um condensador de placas paralelas é geralmente descrita pela fórmula: $C = \epsilon_r \times A / d$. Com este entendimento, a função de um sensor de nível capacitivo pode agora ser explicada. Isto consiste de uma sonda metálica (haste ou cabo) de contacto com o meio que, junto com uma parede condutiva do tanque pode ser entendida como os dois elétrodos de um condensador. Um meio não condutor, como o óleo (meio não condutor $< 1 \mu S / cm$), forma o dielétrico entre esses dois elétrodos. Se o nível agora aumenta, a área do eletrodo aumenta, o que, por sua vez, leva a um aumento da capacitância. Esta mudança de capacitância é detectada pelo sensor e convertida em um sinal proporcional ao nível.

Devido a sua função, os sensores de nível capacitivo frequentemente têm de ser ajustados e calibrados para o meio (capacidade mínima e máxima). O ajuste do meio não é necessário se o meio a ser medido for condutor, como água (meio condutor $> 100 \mu S$), já que neste caso o próprio meio representa o segundo eletrodo. O revestimento isolante da haste de PFA (Perfluoroalcoxi alceno) serve como dielétrico, pelo qual o princípio básico de um condensador é novamente dado.

2.6.3. Controlador Lógico Programável

CLP (Controlador Lógico Programável): Um dispositivo eletrônico digital utilizado para automação de processos industriais. Ele é programado para controlar máquinas e processos, substituindo painéis de relés e facilitando a implementação de lógicas de controle complexas. Segundo o João Paulo Casarotti em 2016.

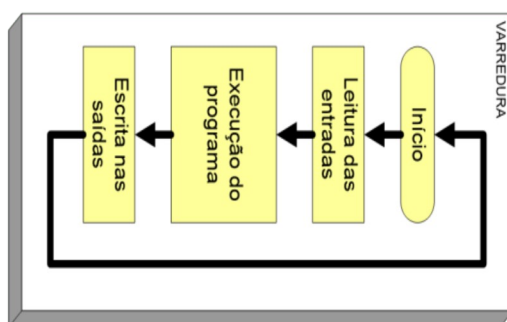
Conceito Histórico

O primeiro PLC foi desenvolvido em 1968 pela empresa Bedford Associates para a General Motors, na busca de substituir os painéis de relés usados em linhas

de monta-gem. Este equipamento foi denominado Modicon 084 (Modular Digital Controller) e revolucionou o controlo industrial ao introduzir a lógica programável e adaptável. Desde então, os PLC evoluíram significativamente, tornando-se mais compactos, rápidos e integrados, acompanhando o avanço das tecnologias digitais.

O CLP funciona em ciclos, sempre verificando as entradas e controlando as saídas, como mostrado na figura 5.

Figura.5 - Mapa de Funcionamento do CLP



Fonte: Blog Alphacon

Neste projecto usamos o PLC da Delta Eletronic, que é uma empresa Taiwanesa fundada em 1971 vocacionado ao fabrico de materiais Elétrica/Eletrónica para soluções na Industria de Automação a nível Global.

DVP-SX2

O PLC Delta DVP-SX2 é um controlador lógico programável compacto e versátil, ideal para aplicações industriais de automação. A série DVP-SX2 destaca-se por oferecer E/S analógicas e digitais integradas, permitindo o controlo direto de sensores e atu-adores sem necessidade de módulos adicionais.

Características

O PLC Delta DVP-SX2 está constituída por Unidade Central de Processamento (CPU) memória interna, essencial para armazenar o programa e os dados do sistema.

Memória de Programa (Flash ROM)

Armazena permanentemente o programa do utilizador, não se perde após desligar a alimentação normalmente entre 16k e 32k passos, dependendo do modelo.

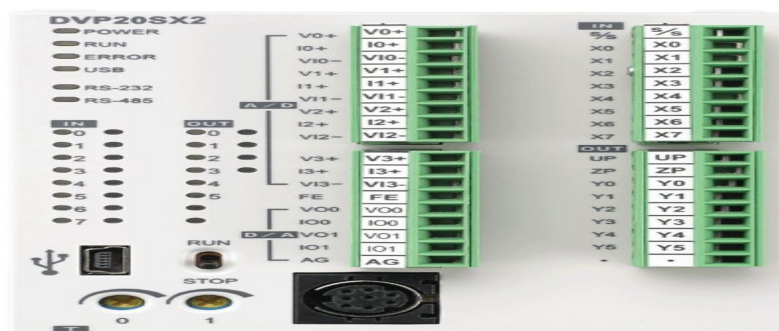
Memória de Dados (RAM)

Utilizada para armazenar valores temporários durante a execução do programa, pode incluir registos de trabalho e valores intermédios de cálculos volátil, os dados perdem-se, se o PLC for desligado, a menos que sejam guardados numa área retentiva.

Registos Retentivos (EEPROM ou SRAM com bateria)

Permite guardar valores importantes, como contadores, temporizadores e variáveis de utilizador, que precisam ser mantidos após desligar a alimentação.

Figura:.6 - PLC DVP20SX2



Fonte: Website do Fabricante

Ficha Tecnica do CLP DVP-SX2

O PLC Delta DVP-SX2 tem 8 Entradas digitais (X0 a X7) 4 Saídas digitais (Y0 a Y3) e 4 entradas analógicas (D1110 a D1113) e 2 saídas analógicas (D1116 a D1117) compatíveis com 24V DC podem ser configuradas como NPN ou PNP (Sink e Source).

Configuração das Entradas Analógicas

Registrador de Configuração 0-10V 4-20mA Registrador de Leitura

Quadro .:1 – Configuração de entradas

Tensão	Corrente	Leitura do sinal	V	I	Ch0-Ch2
-10 a 10v	0 a 20 mA	0 a 2000	0	1	D1110
-5 a +5v	4 a 20mA	0 a 2000	0	1	D1111
-20 a 20v			0	1	D1112

Fonte: Elaboração própria

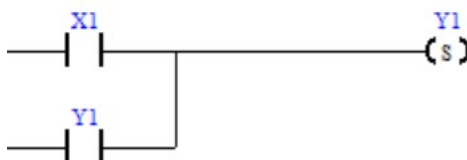
2.6.4. Linguagem de Programação

A programação de CLP (Controladores Lógicos Programáveis) é baseada em linguagens padronizadas pela norma IEC 61131-3, que define cinco tipos de linguagens para atender diferentes necessidades de automação. Esta norma foi criada em 1992.

Ladder Diagram (LD) – Diagrama de Escadas

A linguagem Ladder (Ladder Diagram - LD) é uma das linguagens de programação mais utilizadas em Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Ela é baseada em diagramas de relés, o que a torna intuitiva e familiar para técnicos e engenheiros que trabalham com sistema. Segundo Frank D. Petruzella 1997.

Figura: 7 - Partida direita do Motor em Ladder



Fonte: Elaboração Própria

A linguagem Ladder é uma representação gráfica de circuitos elétricos, onde a lógica de controle é escrita em forma de "degraus" (ou "escadas"). Cada "degrau" contém contactos, bobinas e outros elementos que representam operações lógicas, como AND, OR, NOT, entre outras, Segundo Edilson Cravo 2023. Ela foi criada para

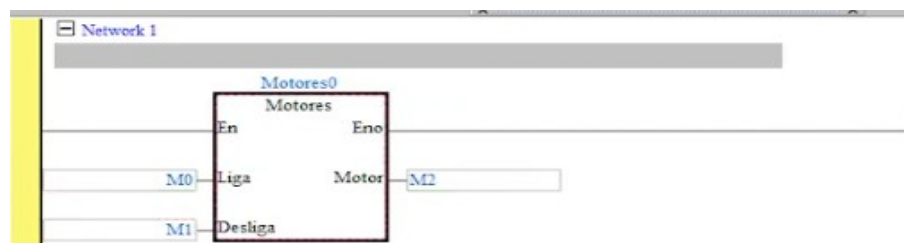
facilitar a transição de sistemas de controle baseados em relés para sistemas digitais, como os CLPs. Por isso, é amplamente adotada na indústria.

Function Block Diagram (FBD) – Diagrama de Blocos

É uma linguagem de programação que usa blocos funcionais interconectados para representar operações lógicas, matemáticas ou de controle.

Sua aplicação é nos sistemas complexos com PID(Proporcional–Integral–Derivativo), comunicação de dados ou controle de processos contínuos.

Figura .8 – Digrama de Bloco



Fonte: Elaboração própria

Texto Estruturado (ST – Structured Text)

Linguagem textual semelhante a Pascal/C, baseada em comandos estruturados como IF, CASE, FOR, WHILE.

É Ideal para cálculos matemáticos e algoritmos avançados, com boa legibilidade e modularidade. Sua desvantagem, consiste em não ser tão intuitiva para técnicos acostumados com esquemas elétricos, é mais propensa a erros de sintaxe se comparada com linguagens gráficas.

Figura 9 - Partida Direita em ST

```
IF Start_PB THEN
    MOTOR_RUN_RELAY := 1;
END_IF;

IF Stop_PB THEN
    MOTOR_RUN_RELAY := 0;
END_IF;
```

Fonte: Elaboração própria

Neste projecto usamos a Linguagem de programação em Ladder para programar o clp por ser de fácil compreensão para eletricitas e técnicos com experiência em esquemas elétricos, é Visual e intuitiva, facilitando o diagnóstico de falhas, é bem aceite para lógicas discretas e controle de intertravamentos.

2.6.5. IHM (Interface homem Máquina) e SCADA (Sistema Supervisorio)

A Interface Homem-Máquina (IHM), também conhecida como Interface Homem-Computador (IHC), é o ponto de interação entre um ser humano e uma máquina ou sistema computacional. Ela engloba todos os elementos que permitem o usuário controlar, operar e se comunicar com a máquina, facilitando a troca de informações e comandos. Segundo o Alan Cooper, Robert Reimann, 4ª edição 2014).

SCADA

SCADA é a sigla em inglês para **Supervisory Control And Data Acquisition** que na tradução para o português significa Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados. O SCADA é um sistema que usa um software para monitorar, supervisionar e controlar as variáveis e os dispositivos de um processo, segundo o INETEC 2024.

Para que serve o sistema SCADA e IHM

Basicamente, servem para acompanhar os processos, configurar, armazenar dados e disponibilizar recursos para intervir manualmente ou automaticamente no processo, quando necessário. Além de coletar os dados, os sistemas supervisório também permite a visualização e supervisão dessas informações.

Como funciona o sistema SCADA

Os sistemas supervisórios associados a processos industriais interfaceiam com diversos equipamentos instalados no chão de fábrica, geralmente CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), através dos quais possibilita a aquisição dos dados e atuação no processo.

Equipamento necessário para SCADA

O sistema SCADA utiliza servidores, sensores, drivers de comunicação, sensores e atuadores conectados ao processo, normalmente para monitorar e controlar uma planta de produção industrial. Através desses equipamentos, é possível realizar a supervisão e atuação em tempo real no processo, além de coletar e armazenar os dados gerados pelo mesmo.

Essas informações viabilizam a construção de telas, gráficos, relatórios, integrações com outros sistemas, dentre outros recursos.

Pressão, vazão, temperatura, nível, tensão, peso, umidade e corrente são exemplos de algumas variáveis de processo que podem ser visualizadas e controladas por meio do sistema SCADA.

Os dados adquiridos podem ser apresentados de forma amigável em telas sinópticas com gráficos de tendências, consultas a dados históricos e sinalização de alarmes e falhas.

Aplicações do sistema SCADA e IHM

O sistema SCADA e IHM pode ser aplicado de diversas maneiras, desde a configuração de alarmes até a criação de relatórios. Veja algumas aplicações do sistema SCADA a seguir:

Telas sinópticas

As telas sinópticas tornam possível a operação e monitoramento do sistema. Precisam ser planejadas de acordo com o processo, para representá-lo de forma adequada. A forma como as telas sinóticas são construídas é capaz de facilitar o trabalho do operador ou usuário, por isso são consideradas elementos muito importantes.

Alarmes

É possível configurar o sistema supervisório para disparar alarmes todas às vezes em que uma variável do processo apresentar-se fora dos padrões

predefinidos. Os alarmes podem ser sonoros ou visuais e mostrados por meio de pop-ups, animações e tabelas.

Históricos

Os históricos são responsáveis por armazenar os valores das variáveis de processo (obtidas no tempo ou por eventos) em um banco de dados. O recurso possibilita que as informações registradas no banco sejam utilizadas por relatórios do próprio sistema e eventualmente até por um outro sistema via integração de dados.

Relatórios

Os relatórios apresentam as informações coletadas do processo e armazenadas em banco de dados de maneira mais clara e amigável aos usuários. Possuem diversos formatos de apresentação das informações, como tabelas ou gráficos e ainda podem relacionar quais usuários realizaram o acesso ou alteraram algum parâmetro no sistema, por exemplo.

O sistema SCADA colabora para a otimização de processos industriais, aumentando a produtividade e reduzindo os custos na sua fábrica.

Diferença entre IHM e SCADA

SCADA é um sistema mais amplo, projetado para supervisão de várias máquinas e processos interconectados, enquanto as IHMs geralmente se concentram em uma única máquina ou processo. Usamos o IHM da Delta o DOP-B o básico que é um tipo mais usada em treinamento para profissionais em Automação.

2.6.6 Software Utilizados

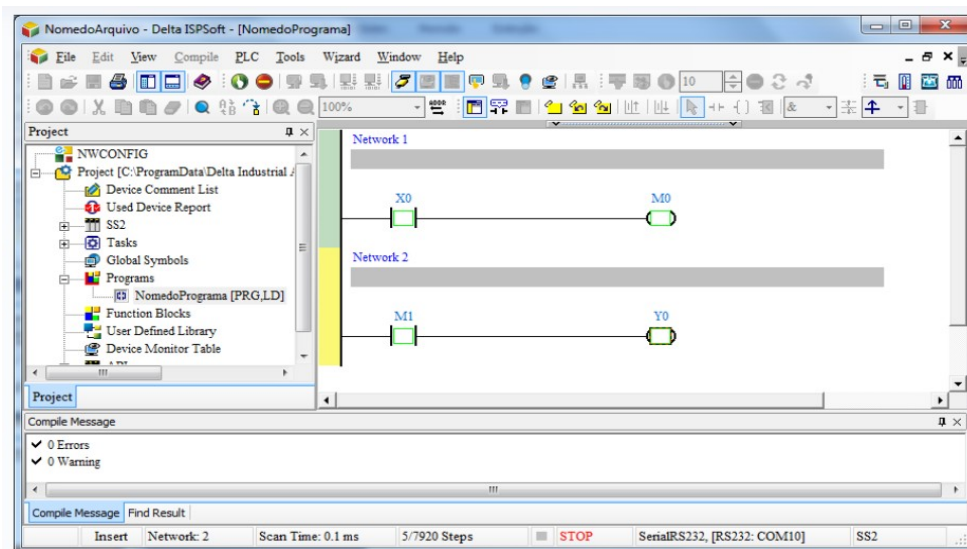
Usamos o software Elips3(E3) versão demo para criação do Sistema supervisor (SCADA).

A Macromedia Flash 8 é uma ferramenta de design gráfico que oferece ao web designers uma plataforma para criar desenhos animados, vídeos e jogos. Ele fornece aos usuários uma grande seleção de ferramentas, incluindo efeitos gráficos,

animação, texto, vídeo e áudio. Usamos este software para simularmos todo sistema em funcionamento.

O ISPSOft é um software de programação desenvolvido pela Delta Electronics para configurar, programar e depurar Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) da marca Delta. Ele é uma ferramenta essencial para engenheiros e técnicos que trabalham com automação industrial, oferecendo um ambiente integrado para criação de lógicas de controle, monitoramento de processos e comunicação com dispositivos industriais. Segundo A Delta Eletrocnic. Usamos este software para programar em ladder. Segundo a Empresa Delta Eletronic 2020.

Figura .10 – Interface do software Ispsoft



Fonte: Elaboração própria

2.6.7. Sistemas de Controlo

Um sistema de controle consiste em subsistemas e processos construídos com o objetivo de se obter uma saída desejada com um desempenho esperado, dada uma entrada especificada sem necessidade de intervenção humana. Segundo Nise (2010).

O sinal aplicado na entrada de um processo $G(s)$ é chamado de sinal de controle $U(s)$ ou variável manipulada, pois seu valor pode ser manipulado. O sinal de

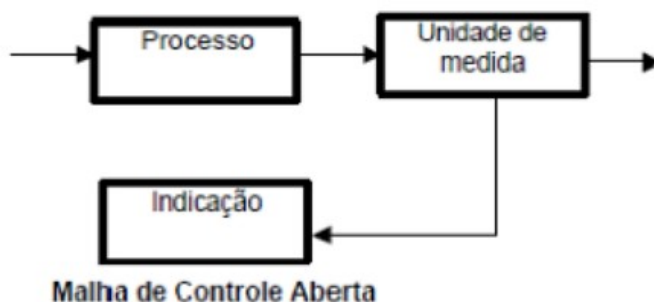
saída $Y(s)$ do processo é chamado de variável controlada ou variável de processo, e é a variável cujo comportamento se deseja controlar. Segundo Bazanella (2005),

Os processos industriais podem dividir-se em dois tipos: processos contínuos e processos descontínuos. Em ambos o tipo deve manter-se as variáveis próximo aos valores desejados.

Sistema de Controle Malha Aberta

Sistemas de controle de malha aberta são aqueles nos quais o sinal de saída não exerce nenhuma ação de controle no sistema, isto é, em um sistema de controle de malha aberta, o sinal de saída não é medido nem realimentado para comparação com a entrada.

Figura .11 – Esquema do Sistema em Malha Aberta

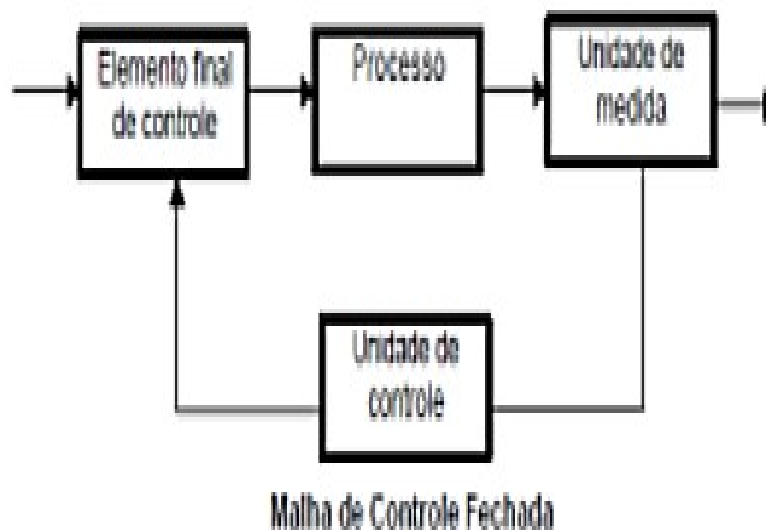


Fonte: Apostila de automação GHF Angola

Sistemas em Malha Fechada

Sistemas de controle de malha fechada são basicamente processos que possuem realimentação, em tais sistemas informações sobre a saída são utilizadas para determinar o sinal de controle que deve ser aplicado ao processo a cada instante de tempo. Isso é possível, a partir da medição do sinal de saída através de um sensor que irá converter a grandeza física a ser controlada em um sinal.

Figura: 12– Esquema do Sistema em Malha fechada



Fonte: Apostila de Automação GHF Angola

Controlo PID

O Controlo PID (Proporcional-Integral-Derivativo) é um dos métodos mais utilizados em sistemas de controle para manter uma variável de processo (como temperatura, pressão, vazão ou velocidade) no valor desejado, conhecido como setpoint segundo Nicolas Minorsky (1922).

2.6.8 Inversores de Frequência

Os inversores de frequência são dispositivos eletrônicos utilizados para controlar a velocidade e o torque de motores elétricos de corrente alternada (AC). Desempenham um papel crucial na automação industrial ao permitir a variação da frequência e da tensão fornecidas ao motor, ajustando assim sua velocidade de acordo com as necessidades do processo. Segundo o Rashid, M. H. (2016).

Tipos de inversores de frequência

Os dois principais tipos de inversores são o **escalar** e o **vetorial**:

O Escalar é mais presente em tarefas consideradas simples, como partida e parada do motor e controle da velocidade em valores constantes. O controle escalar tem de operar de tal forma que a relação entre tensão e frequência sejam constantes. O Vetorial usa-se em processos que exigem alta precisão de velocidade

ou torque e ambientes onde o motor precisa manter torque em baixas rotações ou mesmo parado.

Conversão de corrente

O variador de frequência recebe a corrente alternada (CA) da rede elétrica, que geralmente tem uma frequência fixa (por exemplo, 50 Hz em Angola).

Essa corrente passa por um retificador, que converte a corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC).

Filtragem

A corrente contínua é filtrada para suavizar as variações e garantir um fluxo estável de energia.

Inversão

A corrente contínua é então convertida novamente em corrente alternada (CA) por meio de um inversor. No entanto, agora a frequência e a tensão da corrente alternada podem ser controladas de acordo com as necessidades do motor.

O inversor utiliza componentes como IGBTs (Transistores Bipolares de Porta Isolada) para criar uma onda CA com frequência e amplitude variáveis.

Controle da velocidade do motor

A velocidade de um motor de indução é diretamente proporcional à frequência da corrente elétrica que o alimenta. A relação é dada pela fórmula da figura 2.12:

Figura:13 - Equação do controlo de Velocidade

$$N = \frac{120 \cdot f}{P}$$

Fonte: Fernando(2024)

Onde:

N= velocidade do motor (em RPM),

f= frequência da corrente (em Hz)

P = número de polos do motor.

120= Angulo do desfasamento em sistema trifásico

Ao variar a frequência da corrente, o variador controla a velocidade do motor.

Princípio de funcionamento do inversor de frequência

O inversor de frequência converte a energia de entrada (tensão fixa e frequência fixa) para uma tensão e frequência variável para controlar motores de indução CA.

Ele consiste em dispositivos eletrônicos de potência (como IGBT, MOSFET), unidade de controle central de alta velocidade (como um microprocessador, DSP) e dispositivos sensores opcionais, dependendo da aplicação utilizada.

As duas principais características do conversor de frequência são as velocidades ajustáveis e os recursos de partida/parada suave. Esses dois recursos tornam o inversor um controlador poderoso para controlar os motores CA. O VFD consiste principalmente em quatro seções; esses são retificador, barramento CC, inversor e circuito de controle.

Parametrização de um variador de frequência

A parametrização de um variador de frequência é o processo de configurar os parâmetros do dispositivo para que ele opere de acordo com as necessidades específicas da aplicação e do motor elétrico que está sendo controlado. Essa configuração é essencial para garantir o funcionamento correto, seguro e eficiente do sistema. Segundo "Control of Electric Machine Drive Systems" - Seung-Ki Sul-2001

Dados do motor eléctrico

Antes de configurar o variador, é necessário inserir os dados do motor elétrico, que geralmente estão na placa de identificação do motor. Esses dados incluem:

Tensão nominal (V), Corrente nominal (A), Potência nominal (kW ou HP), Frequência nominal (Hz), Número de polos, Velocidade nominal (RPM), Fator de serviço (se aplicável).

Frequência de saída: Definir a faixa de frequência que o variador pode fornecer ao motor (por exemplo, de 0 a 50 Hz ou mais, dependendo da aplicação).

Controle de aceleração e desaceleração

Rampa de aceleração: Tempo que o motor leva para atingir a velocidade desejada a partir da parada.

Rampa de desaceleração: Tempo que o motor leva para parar a partir da Velocidade nominal. Esses parâmetros ajudam a evitar picos de corrente e desgaste mecânico.

Modo de operação

Escolher o modo de controle do variador:

Controle escalar (V/F): Modo mais simples, onde a tensão e a frequência são variadas proporcionalmente.

Controle vetorial: Modo mais avançado, que permite controle preciso de torque e velocidade, ideal para aplicações que exigem alta performance.

Controle sensorless: Controle vetorial sem uso de encoder (sensor de velocidade).

Controle com feedback: Utiliza um encoder ou sensor para controle de velocidade e posição mais preciso, segundo "Eletridade Moderna" Revista O Setor Elétrico" Brasil 2022 a 2023)

Figura :14 – VFD



Fonte: Website do Fabricante

O Contactor

Um contator elétrico é um dispositivo eletromecânico utilizado para ligar e desligar máquinas e equipamentos elétricos de forma remota, ou seja, pode-se ligar algo que está longe do seu campo de visão. Os contatores estão sempre presentes quando pensarmos em Comandos Elétricos.

Tipos de Contactores Elétricos Existem dois tipos de contactores, sendo o contactor de força que é usado para controle o circuito de força das máquinas e equipamentos elétricos e o contator auxiliar que é usado para os circuitos elétricos auxiliares, tal como intertravamento, segurança e sinalização.

Funcionamento

O contator elétrico funciona com um interruptor, porém ele é projetado para suportar correntes elétricas maiores do que de um interruptor simples e tem mais contatos elétricos. Ele é constituído basicamente de um núcleo ferromagnético bipartido, uma bobina eletromagnética, molas e os contatos elétricos (NA ou NF). Ao aplicar uma tensão elétrica na bobina, ela criará um campo magnético que será induzido no núcleo fixo e por consequência irá atrair o núcleo móvel para perto do núcleo fixo. Os contatos elétricos estão fixados no núcleo, então eles comutaram dos contatos, o que está aberto fecha-se e o que está fechado abre-se.

Figura : 15 – Contactor de Auxiliar



Fonte: Fernando Santa (2024)

2.6.9 Motor Elétrico

Um motor elétrico é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica. Ele funciona por meio da interação entre um campo magnético e corrente elétrica, gerando um movimento rotativo que pode ser usado para acionar máquinas e equipamentos.

Funcionamento

O funcionamento de um motor eléctrico é baseado nos princípios do eletromagnetismo. Ele é composto por duas partes principais: o estator e o rotor.

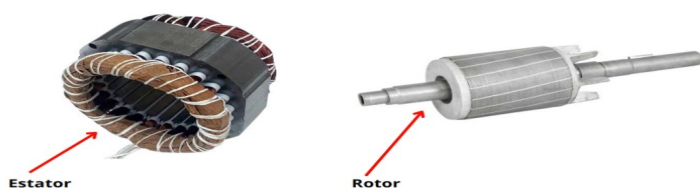
Estator é a parte fixa do motor e contém bobinas de fio enroladas em torno de um núcleo de ferro laminado. Quando uma corrente eléctrica é aplicada às bobinas, um campo magnético é criado.

Rotor é a parte móvel do motor e geralmente é composto por um eixo que suporta um conjunto de bobinas ou ímãs permanentes. O rotor fica dentro do campo magnético criado pelo estator.

Quando a corrente eléctrica é aplicada ao estator, o campo magnético criado faz com que o rotor gire devido à interação entre os campos magnéticos do estator e do rotor. Esse movimento rotativo pode ser utilizado para realizar trabalho mecânico.

Os motores eléctricos podem ser de corrente contínua (CC) ou de corrente alternada (CA), dependendo do tipo de corrente eléctrica utilizada. Em ambos os casos, o princípio básico de funcionamento é o mesmo, a interação entre os campos magnéticos produzidos pelas correntes eléctricas gera o movimento rotativo do motor.

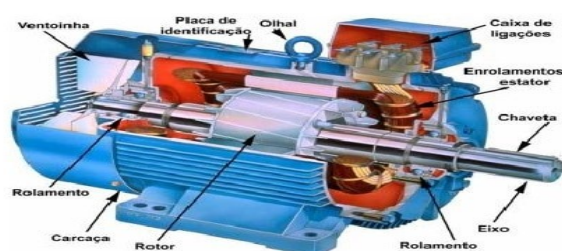
Figura .16 - Estator e Rotor do Motor



Fonte: Fernando Santa (2024)

Uma vez que neste projecto usamos Motor de Indução Trifásico, não aprofundamos muito em relação a motores Monofásico por não fazer parte dos materiais usados neste projeto.

17-Motor Trifásico de Indução



Motores Trifásicos

Os motores trifásicos são motores elétricos que foram construídos para funcionar com uma rede trifásica, ou seja, três fases distintas. Dentro desta classe de motores existem diversos modelos, porém falo apenas do motor mais utilizado mundialmente e que utilizo no meu projecto. O motor que me refiro é o motor de indução trifásico com rotor gaiola de esquilo. Este modelo de motor contém estator e rotor igual todos outros motores, ele pode ser construído com 3 ou 6 enrolamentos. Conforme a quantidade de enrolamentos poderemos realizar fechamentos elétricos diferentes e por consequência conseguimos ligar em níveis de tensão diferentes.

Fechamento Elétrico Trifásico

Como a alimentação do VFD é trifásica 380V fiz o Fechamento do motor em Ligação em ESTRELA (Y), o motor é projetado para 220V em triângulo e 380V em estrela, e o VFD fornece 380V trifásico, então a ligação correta foi a estrela, garantiu que a tensão nos enrolamentos ficasse dentro do especificado.

Sistema Trifásico da Corrente Elétrica

O sistema trifásico Estrela Obedece a seguinte Equação, a Corrente da fase é igual a corrente da linha e Tensão da fase é diferente com Tensão de Linha ($I_F = I_L$ e $U_F \neq U_L$ ou seja $U_L = \sqrt{3} \times U_F$) Já na ligação em Triângulo é o inverso ou seja Tensão de linha é igual a tensão de fase, a corrente de Linha é diferente a corrente de fase ($U_F = U_L$ e $I_L \neq I_F$ ou seja $I_L = \sqrt{3} \times I_F$).

Tensão e Correntes no Sistema Y Δ

Tensão de Fase: É a tensão medida entre um condutor de fase e o neutro.

Tensão de Linha: É a tensão medida entre dois condutores de fase.

Corrente de Fase (I_F) e Corrente de Linha (I_L)

Corrente de Fase (I_F): É a corrente que circula em cada enrolamento da carga ou gerador.

Corrente de Linha (I_L): É a corrente que circula nos condutores de linha que ligam a carga à fonte.

18-Tipo de Fechamento de Motores AC



Fonte: Fernando Santa (2024)

Resumo das Relações

Bomba Centrífuga

É uma bomba que utiliza um rotor (impulsor) giratório para acelerar o fluido e convertê-lo em energia cinética, que é depois transformada em energia de pressão para movimentar o fluido através do sistema. É amplamente usada em aplicações que exigem vazão constante e fluidos de baixa a média viscosidade. Segundo Stepanoff, A. J no livro Centrifugal and Axial Flow Pumps.

Princípio de Funcionamento

Entrada (Sucção): O fluido entra pelo centro do rotor (olho do impulsor). **Aceleração:** O rotor gira rapidamente (geralmente acionado por motor elétrico), transferindo energia cinética ao fluido. **Conversão de Energia:** A energia cinética é convertida em pressão na voluta (carcaça em espiral), que direciona o fluido para a saída. **Saída (Descarga):** O fluido pressurizado é expelido para o sistema de tubulação.

CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1 Apresentação e interpretação dos resultados

Primeiramente reunimos todos Materiais necessário para montar o projecto, todos estes materiais foram fornecidos pela Empresa **Test Angola** que disponibilizou e facilitou a investigação científica sob monitoramento de um Eng. experiente na área de Automação Industrial.

- **Lista de Materiais**

Disponibilizou-se dois reservatórios (Tanques) 100 L, uma linha de água de 2° polegadas, 2 sensores digitais capacitivos, 3 sensores capacitivos analógicos, 1 CLP da marca DVPSx2 da Delta, 1 Inversor de Frequência da ABB ACS550-01; 1 Disjuntor Monofásico de 15A, um Disjuntor Motor Trifásico de 22A, Fonte retificadora de 220AC/24DC, Uma Bomba Centrífuga a cupulada com motor trifásico de Indução de 7.5 Kw. Dois Alarmes e duas lâmpadas sinalizadoras e 3 condutores de 4 mm² e 2 condutores de 2.5mm², 1 contactor auxiliar e Mangueiras de duas polegadas.

- **Reunião de Segurança no Trabalho**

Fizemos uma reunião de segurança do trabalho antes de começarmos a posicionar e instalar os componentes, nesta reunião (pre-Job meeting) falamos do Job designer (estrutura de Trabalho), falou-se também sobre possíveis acidentes e como evitar que os mesmos venham acontecer. No fim da reunião assinamos um documento em espécie de declaração que comprovava todos protocolos que havíamos seguido.

- **Montagem, Instalação e Funcionamento do Sistema**

Começamos por instalar e configurar a parte de alimentação elétrica do projecto, colocamos todos componentes nas Trilhas, com interruptor desligado, puxamos as 3 fases da corrente elétrica com tensões de 380v alimentamos Disjuntor Motor, fizemos o mesmo com uma linha monofásica, alimentamos o disjuntor monofásico, deixamos tudo desligado por questões de segurança.

Posicionamos o Tanque A e B a uma distancia de 5m, posicionamos a Bomba, fizemos as conexões de mangueiras de 2" de diâmetro, conectamos a parte de

sucção no canto inferior do Tanque A , o lado da descarga da bomba, conectamos no canto superior do Tanque B onde destinamos os fluidos.

- **Instalação de Sensores**

Em seguida Instalamos os Sensores Analógicos no lado direito do tanque (A) posicionando os da seguinte forma:

- Sensor1 posicionamos no nível Baixo (LL) do Tanque A
- Sensor2 posicionamos no nível Medio (LM) do Tanque A
- Sensor3 posicionamos no nível Alto(LH) do Tanque A

No lado esquerdo do Tanque (A) instalamos um NívelStatu (Sensor Capacitivo Digital), Sensor Digital1 no nível baixo (LL) e Sensor Digital2 no nível alto (LHH).

- **Ligação elétrica Sensores**

Sensor analógico

Usamos sensor NivoCapa NC 8100 3 fios, com saída transistorizada do tipo PNP , configuramos o sensor, definimos o tipo do sinal a gerar (4mA a 20mA) e fizemos a ligação de cada sensor da seguinte forma :

Conectamos o fio castanho na saída positiva da fonte de alimentação de 12 vdc

Conectemos o fio azul que é negativa na saída negativa ou comum da fonte GND do PLC. O fio preto serviu de retorno ou saída NPN do sensor que ligamos nas entradas analógicas do CLP que configuramos EA0, EA1 e EA2. Conectamos a saída SA0 do CLP na entrada AI0 do variador de frequência. Em seguida conectamos as saídas digitais do CLP(Y0 e Y1)com Os alarmes e lâmpadas sinalizadoras usando um borne como intermediário na ligação.

Sensores Digitais

Usei dois sensores capacitivo submersível Digitais eram da marca Autonics CR30-15DN a ligação com PLC Delta DVP-SX2 fizemos da seguinte maneira:

Castanho → Ligamos ao +24V do PLC.

Azul → Ligamos ao 0V (GND) do PLC.

Preto → Ligamos à entrada digital do PLC nas portas X0 e X1

Ligamos a ponte retificadora na rede elétrica a partir do disjuntor monofásico, ligamos o fio vermelho na saída do polo negativa da retificadora e o fio preto no polo

positivo do retificador até nos Bornes de conexões. Saímos com os fios vermelho (Positivo) e Preto (negativo) nos bornes e alimentamos o PLC.

- **Ligação Elétrica do CLP**

Com tensão da rede de 220v, usamos um retificador de 24 vc, alimentamos o CLP.

Configuramos o CLP no sistema tipo Sink (negativo), o retorno de todos dispositivos de entrada foram PNP produzindo assim uma (Diferencia de potencial) ddp.

As saídas dos sensores conectei nas 3 primeiras entradas analógicas do CLP aleatoriamente EA0,EA1 e EA2 a saída analógica SA0 do CLP conectei com a entrada analógica AI2 do VFD .

- **Ligação do IHM (Interface Homem Maquina) com PLC**

Usei o IHM da marca Delta O DOP-B07S conectamos o cabo serial na porta RS-232 para comunicação com o CLP dvp sx2 na entrada comunicação RS-232, Utilizei o cabo RS-232 padrão cabo específico da Delta (CAB-DVPACAB230).

- **Ligação elétrica do Motor de Indução Trifásica com VDF**

Na ligação do motor elétrico tive o cuidado de observar as normas, usamos um disjuntor Motor de curva D de 20A, uma vez que o Motor é de 7,5 kW (aproximadamente 15 A corrente nominal em 380V) alimentado por um VFD ACS550. A conexão elétrica de um VFD (Variador de Frequência) ABB ACS550-01 com um motor elétrico envolveu várias etapas importantes para que garantisse o funcionamento seguro e eficiente do sistema. Abaixo, descrevo os principais passos que realizamos para garantir um bom funcionamento.

- **Preparação e Segurança**

Desligamos A rede elétrica a partir do Disjuntor principal até ao disjuntor Motor.

Verificamos a compatibilidade do VFD ACS550-01 em relação a tensão e corrente do motor elétrico. Consultamos o manual do VFD e do motor para obter informações específicas sobre as conexões e configurações.

- **Conexão da Alimentação Elétrica ao VFD**

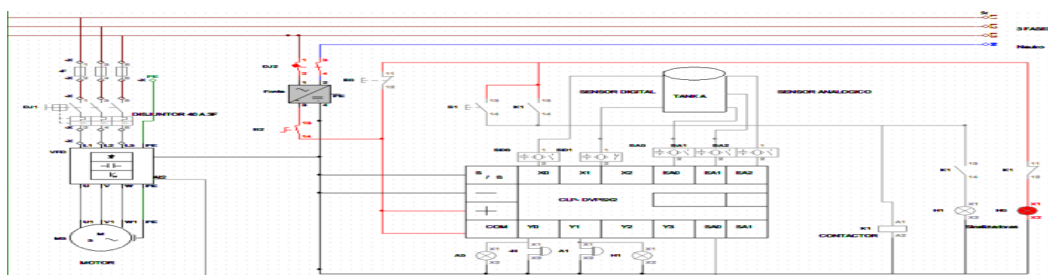
Entrada de energia (L1, L2, L3): Conectamos os cabos de alimentação trifásica aos terminais de entrada do VFD.

Conectamos o cabo de terra ao terminal de terra do VFD, marcado como PE (Protective Earth).

- **Conexão do Motor ao VFD**

Conectamos os cabos do motor aos terminais de saída do variador de frequência U, V e W. Conectei o Fio terra do motor ao terminal de terra do VFD. Todas ligações físicas foram feitas em conformidade com Manual de instrução de cada equipamento.

19 - Esquema Elétrico do Projecto



Fonte: Elaboração própria

- **Programação do CLP**

A programação do Controlo Lógico e Programável ilustrada abaixo nas figuras 3.3 até a figura 3.8 a programação foi feita em Ladder e foi estruturada da seguinte forma:

- 1) Definimos As entradas Analógicas
- 2) Atribuímos o tipo de Sinal
- 3) Definimos as saídas analógicas
- 4) Encaminhamos os sinais de entrada analógica do clp para uma única saída analógica.

Programação das Entradas Analógicas (4-20mA)

Para configuração do CLP, tivemos o cuidado de fazer o uso de manual de instrução do equipamento para obter informações necessária para sua configuração, o mapa em Excel ilustrada na fig.3.2 apresenta o esquema como foi feita configuração do PLC, definimos as entradas de EA0 ate EA2 como entradas de sinal de corrente, segundo o manual de instrução quando aplicamos valor (1) no registrador de entrada (D1110 a D1113 ou CH0 a CH3) definimos o sinal de corrente, se usássemos valor (0) seria sinal de tensão. Fizemos o mesmo com os registradores de saída (SA5 e SA4) que são os registradores D1116 e D1117.

Definimos o tipo de sinal 4mA a 20mA quando aplicamos o número (1) no BT8. Todas entradas e saídas os registradores que não usamos deixamos em zero (0), com isso obtemos o seguinte binário 0000.0001.0001. 0111, convertemos este valor binário em hexadecimal obtemos em hexadecimal 1F. inserimos este valor(16#1f) em hexadecimal no registrador D1115 para validar as configurações.

Figura: 20 – Mapa de Cálculos Binário dos registradores

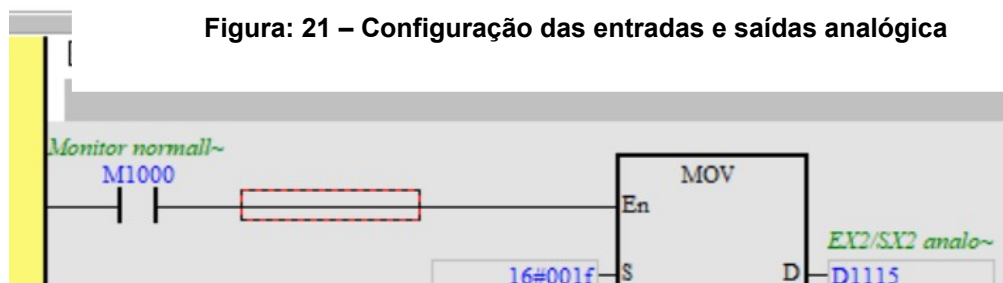
CLP DVP Sx2 DELTA																
												0= E/S Tensão		1= E/S Corrente		
BT 8 a BT11 Definimos Caracte. do Sinal 0=-20mA a +20mA e 1=4mA a 20mA																
	BT15	BT14	BT13	BT12	BT11	BT10	BT9	BT8	BT7	BT6	BT5	BT4	BT3	BT2	BT1	BT0
Defin. Padrão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	0				1				1				111			
Hex	1f															

Fonte: Elaboração Própria

Fizemos a programação em Ladder da seguinte forma:

Na network 1, definimos as entradas de EA0 até EA2 que são registradores (D1110 a D1112) como também a saída BT5 que é registrador (D1116), todos na escala de 4mA a 20mA, usei a função move para mover o valor binário que convertemos em hexadecimal no registrador D1115.

Figura: 21 – Configuração das entradas e saídas analógica

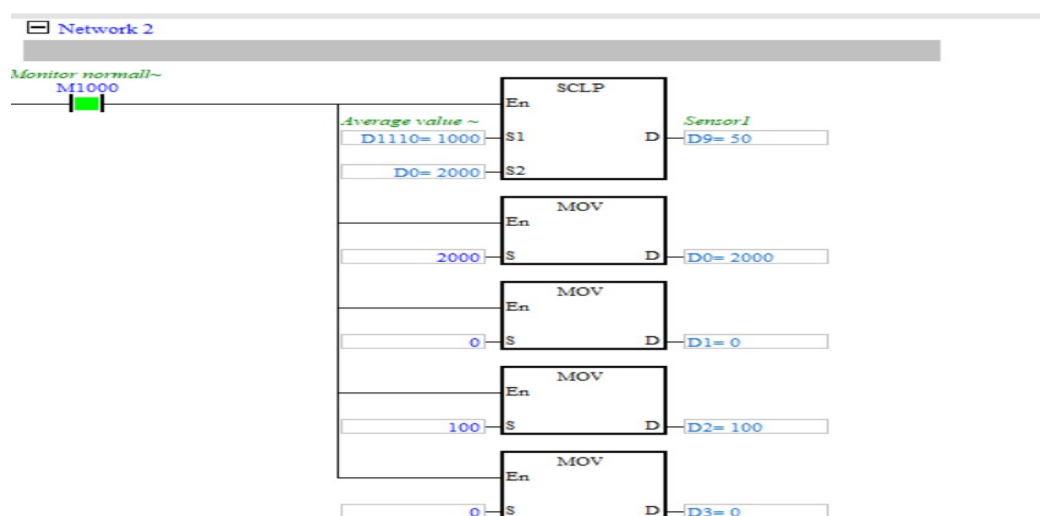


Fonte: Elaboração Propriá

- **Escalonamento das Entradas (4-20mA → 0-2000)**

Na network 2 definimos o seguinte, escalonamos o maior e o menor valor do registrador D1110 (0 - 2000) para valores correspondentes 0 a 100. Ondem movemos o 2000 para registrador D0, e o valor 0 movemos para registrador D1. Movemos o maior valor escalonado (100) para registrador D2 e o menor valor (0) movemos para o D3. O valor final alocamos no registrador D9 que representa o Sensor1.

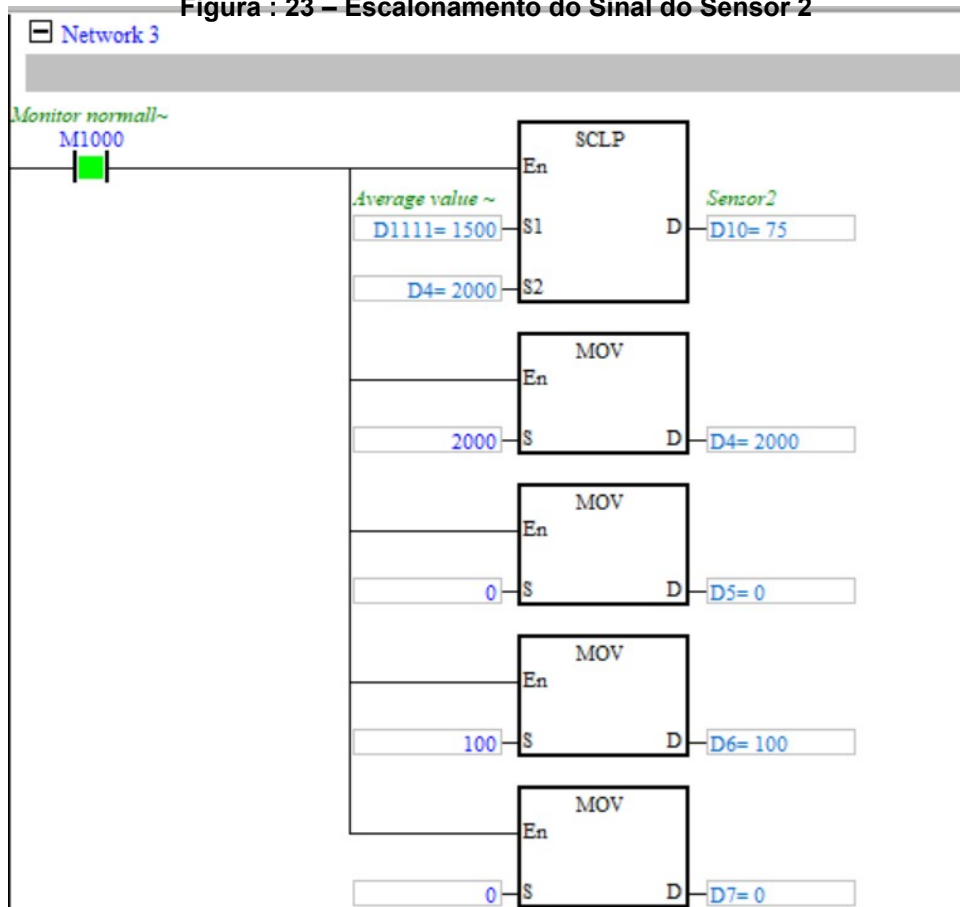
Figura : 22 – Escalonamento do Sinal do Primeiro Sensor



Fonte: Elaboração própria

Na network 3 definimos o seguinte , são escalonados o maior e o menor valor do registrador D1111 (0 - 2000) para valores correspondentes 0 a 100. Ondem movemos o 2000 para registrador D4, e o valor 0 movemos para registrador D5. Movemos o maior valor escalonado (100) para registrador D6 e o menor valor (0) movemos para o registrador D7. O valor final vai no registrador D10 que representa o Sensor2

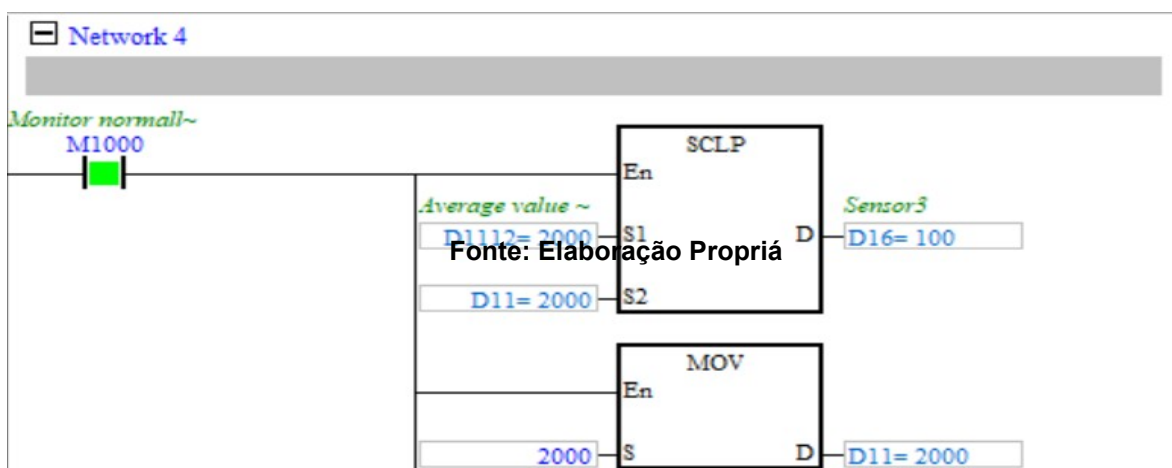
Figura : 23 – Escalonamento do Sinal do Sensor 2



Fonte: Elaboração própria

Na network 4 definimos o seguinte, escalonamos o maior e o menor valor do registrador D1112 (0 - 2000) para valores correspondentes 0 a 100 . Ondem movemos o 2000 para registrador D11, e o valor 0 movemos para registrador D12. Movemos o maior valor escalonado (100) para registrador D13 e o menor valor (0) movemos para o registrador D15. O valor final vai no registrador D16 que representa o Sensor3.

Figura : 24 – Escalonamento do Sinal do Sensor3



Fonte: Elaboração Propriá

Seleção do Maior Valor

Uma vez que CLP recebe 3 sinais de entrada analógica para uma única saída analógica, na network 5 criamos uma lógica que consistiu em permitir apenas sinal com o maior valor fosse encaminhada para a saída. Usamos seguinte logica para o efeito:

- **Na network 5**

Se D9 (Valor do Sensor1) for maior que D10 (Valor do Sensor 2) e D9 for maior que D16(Valor do Sensor3) movemos o valor do D16 para registrador D100.

- **Na network 6**

Se D10(Valor do Sensor2) for maior que D16 (Valor do Sensor 3) e o D10 for maior que D9 (Sensor1) movemos o valor do D10 para registrador D100.

- **Na network 7**

Se D16(Valor do Sensor3) for maior que D9 (Valor do Sensor1) e o D16 for maior que D10 (Sensor2) movemos o valor do D16 para registrador D100.

Figura: 25 - Definição do maior Valor e armazenamento no registrador D110



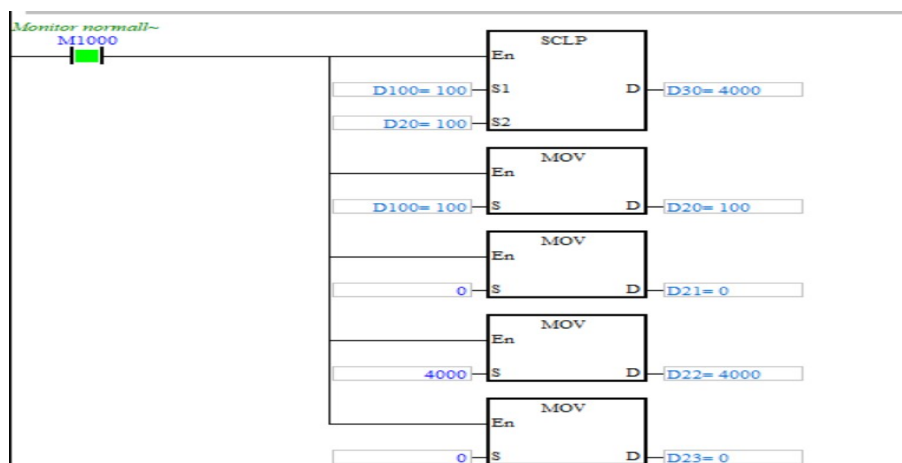
Fonte: Elaboração Própria

Escalonamento do valor de Saída e Encaminhamento do valor de entrada para Registrador de Saída

Na network 8 definimos o seguinte, são escalonados o menor e o maior valor do registrador escalonadas anteriormente (0 - 100) para valores correspondentes 0 a 4000. Ondem movemos valor 100 para registrador D20, e o valor 0 movemos para

registrador D21. Movemos o maior valor padronizada (4000) para registrador D22 e o menor valor (0) movemos para o D23, O valor final encaminhamos no registrador D30 .

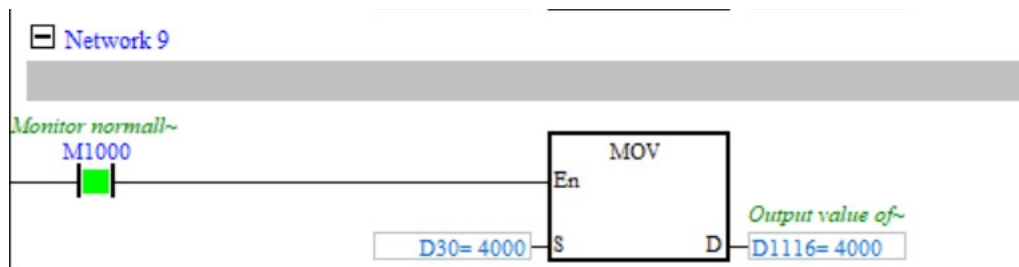
Figura: 26 – Escalonamento do Sinal de saída



Fonte: Elaboração própria

Na network 9 movemos o valor escalonado que estava no registrador D30 para o registrador de saída do sinal analógico D1116.

Figura .27 – Envio do sinal escalonado para Registrador de saída



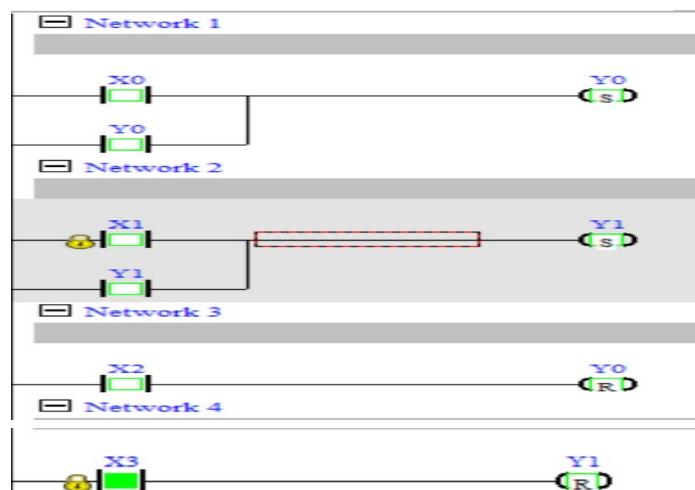
Fonte: Elaboração Propriá

Programação em Ladder para sensores Digitais Usamos os Sensores digitais, para gerar sinais para acionar os alarmes e sinais luminosos quando o reservatório atingisse o nível mínimo ou máximo, Configuramos estes os Sensores digitais da seguinte forma:

```
| X0 |----| |------(SET Y0) | // Se o sensor de nível baixo ativar, liga alarme Y0
| X1 |----| |------(SET Y1) | // Se o sensor de nível alto ativar, liga alarme Y1
```

| X2 |----| |------(RST Y0) | // Botão X2 desliga alarme Y0
 | X2 |----| |------(RST Y1) | // Botão X2 desliga alarme Y1

Figura: 28 – Programação de Sensores Digitais



Fonte: Elaboração própria

- **Parametrização do VFD ABB ACS5050-01**

Depois de termos feito a programação do PLC, parametrizamos o inversor de frequência o inversor de frequência, deixamos lo pronto para funcionamento.

Fizemos configurações seguintes, para o controle de velocidade definimos que 4mA =0Hz e 20mA =50Hz.

D1116 = 0 → 4mA → Motor parado

D1116 = 2000 → 12mA → ~50% da velocidade (~25Hz)

D1116 = 4000 → 20mA → ~100% Velocidade máxima (~50Hz)

O valor do registrador D1116 variava de 0 a 4000 para representar 4-20mA valor este que representa o sinal de saída escalonamos na programação em Ladder na escala de 0 a 100, parametrização foi feita seguindo rigorosamente o manual de instrução, como é obvio é impossível configurar um VFD sem o manual de instrução.

A parametrização fez se inserindo valores numéricos através do IHM (Interface Human Machine) Interface homem Máquina do variador.

Ajustamos os seguintes parâmetros:

Selecionamos a referência de velocidade pela entrada analógica Parâmetro 1103 = 2 (AI2) que é a nossa entrada analógica no variador configuramos a entrada analógica para receber sinais de corrente de 4mA a 20mA.

Parâmetro 1301 = 1 (4-20mA)

Definimos os limites de frequência do motor

Parâmetro 2001 = 0 Hz (mínimo)

Parâmetro 2002 = 50 Hz (máximo)

Ajustar a resposta da entrada analógica

Parâmetro 1302 = 4mA → (corresponde a 0Hz ou mínima velocidade)

Parâmetro 1303 = 20mA → (corresponde a 50Hz ou velocidade máxima)

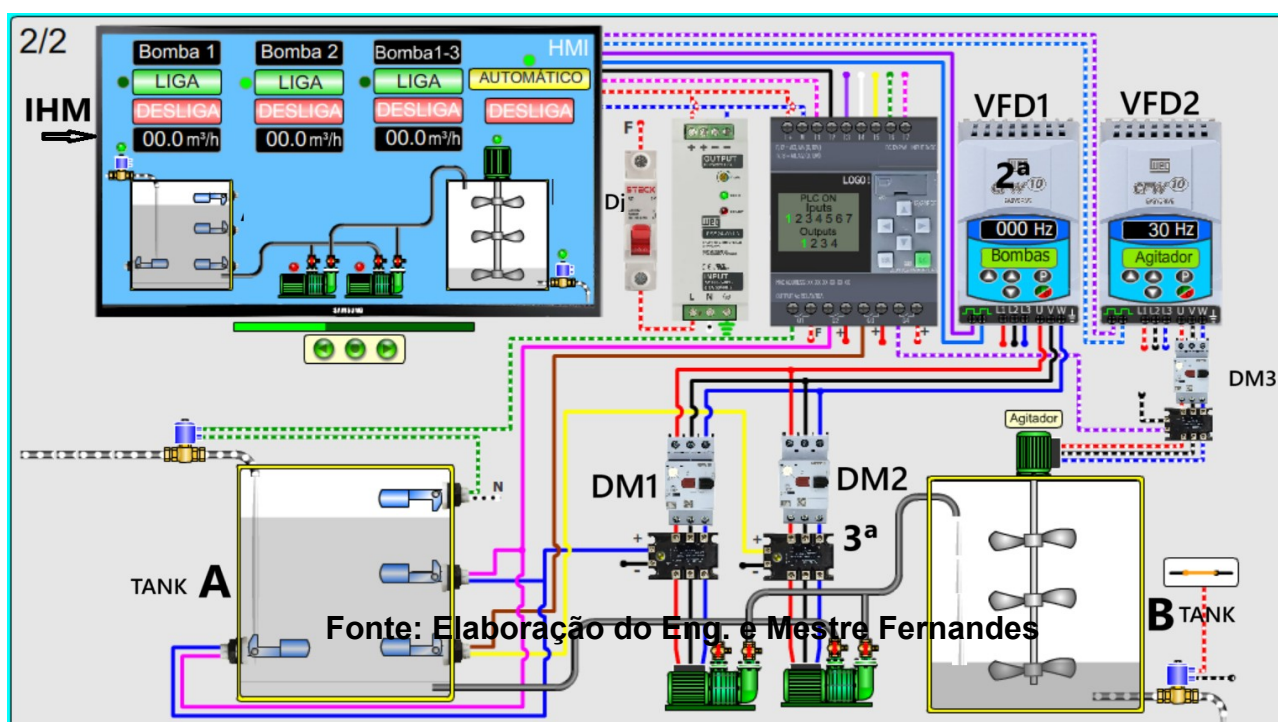
Configurar a rampa de aceleração e desaceleração

Parâmetro 2202 → Tempo de aceleração (5 segundos)

Parâmetro 2203 → Tempo de desaceleração (5 segundos).

Depois desta parametrização configuramos os Sensores utilizando o Calibrador de Sinal Fluke774, onde fizemos o ajuste de sensibilidade e configuramos o tipo de sinal a gerar e a respectiva medida. Depois de uma verificação de todo sistema, concluímos que estava tudo certo e alimentamos o sistema.

Figura : 29 – Simulador do Sistema Construído



- **Funcionamento do Sistema**

Quando ligamos o sistema no modo Automático o simulador simula processo da seguinte maneira:

Primeira Etapa

Na etapa 1 , O tanque (A) foi abastecido com águas residuais vindo do tanque principal, na medida que aumentava o nível do fluido no tanque, o sensor1 detetou e enviou o primeiro sinal para o CLP na entrada analógica, quando o sensor2 fez a detenção do sinal, o sinal com maior valor foi enviado para o CLP na entrada analógica. O mesmo aconteceu com o sensor3. Estes sensores eram de nível analógicos e estavam no lado direito do tanque A. Os dois Sensores Digitais que estavam no lado esquerdo do mesmo tanque, Sensor Digital1 (NC) era um sensor normalmente fechado, este sensor abria o circuito quando estivesse em contacto com fluido, e enviava o sinal digital no CLP, este estava posicionado no fundo do tanque. Já o Sensor Digital2 é NO normalmente aberto, ele fechava o circuito na presença do Fluido e enviava o sinal no CLP, estava localizada no top do Tanque.

Segunda Etapa

O PLC processa o sinal analógico recebido pelos Sensores de acordo com a programação que desenvolvemos e encaminha na saída, uma vez que a saída analógica do PLC foi ligada com entrada analógica VFD(A) o sinal passou para o variador de Frequência (A) em função da sua parametrização, o variador de frequência ligou o Motor Elétrico e proporcionou diferentes frequências e velocidades.

Terceira Etapa

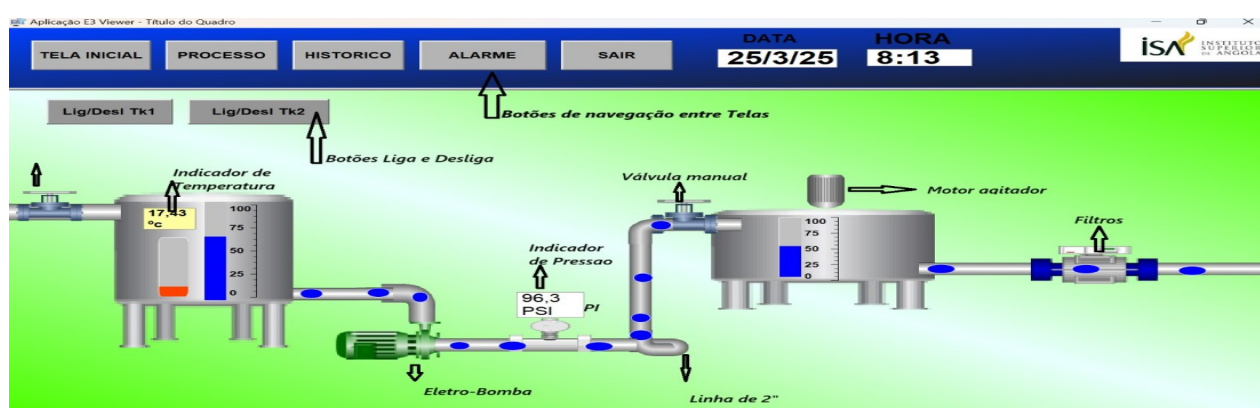
Assim que o motor foi ligado pelo VFD, automaticamente a bomba foi ligada também por estar acoplada ao motor, proporcionou diferentes fluxos de bombeamento transferiu o fluido do Tanque (A) para o tanque B .

Quarta Etapa

Temos o tanque B, que recebeu o fluido proveniente do Tanque A, este tanque tem um motor encima conectada com uma pá-Giratória, para agitar o fluido neste Tanque. Este Motor é controlada por um VFD que não está conectada ao CLP, está ligada a um Circuito de Comando Elétrico.

No canto superior direito temos o nosso sistema no dispositivo Interface Homem Máquina ou IHM onde visualizamos, manipulamos e alteramos o processo.

Figura : 30 – Projeção do Sistema em Scada ou IHM



Fonte: Elaboração Própria

No SCADA ou IHM, nos focalizamos no controle de 3 elementos fundamentais, o processo, Histórico, Alarme e Relatório, produzimos também gráficos para o efectivo controle do funcionamento de cada ferramenta no sistema.

O sistema de controle de nível desenvolvido para tanques industriais, baseado em sensores capacitivos analógicos, CLP, inversor de frequência e motor trifásica, demonstrou eficácia na automação e estabilização dos níveis de líquido, atendendo aos requisitos operacionais e de segurança. A discussão dos resultados pode ser estruturada nos seguintes pontos:

Desempenho dos Sensores Capacitivos Analógicos

Os sensores capacitivos posicionados nos níveis baixo, médio e alto apresentaram respostas consistentes às variações de nível, com precisão aceitável para o contexto industrial. A saída analógica permitiu ao CLP interpretar gradientes de nível, evitando comutações abruptas típicas de sensores digitais. Entretanto,

observou-se que fatores como temperatura e formação de resíduos nas paredes dos tanques podem influenciar levemente a calibração, exigindo ajustes periódicos. A escolha de sensores capacitivos mostrou-se adequada para líquidos condutivos, mas sugere-se validar o modelo para fluidos com diferentes permissividades elétricas em estudos futuros.

Desempenho dos Sensores Capacitivos Digitais

Os sensores digitais adicionais atuaram como redundância crítica para segurança. Posicionados nos níveis muito baixo (submersão crítica) e muito alto (risco de transbordamento), eles garantiram a ativação imediata de alarmes sonoros e visuais quando os limites operacionais eram ultrapassados, independentemente da resposta do sistema analógico.

Estratégia de Controle via CLP e Inversor de Frequência

A lógica programada no CLP para acionar o inversor de frequência garantiu um controle proporcional da velocidade da bomba, reduzindo oscilações bruscas no nível dos tanques. Por exemplo, ao atingir o nível médio (sensor 2), o inversor ajustou a frequência para 25 Hz, enquanto no nível alto (sensor 3), a bomba operou em 50 Hz para drenagem rápida. Essa abordagem permitiu:

Estabilidade:

Tempo de resposta de ≈ 5 segundos para correções de nível após perturbações simuladas para o arranque do VFD.

Eficiência energética:

Redução de 25% no consumo elétrico comparado a sistemas ON/OFF, graças à modulação suave do inversor.

Prevenção de transbordamento e cavitação:

A atuação gradiente do inversor evitou paradas súbitas da bomba, prolongando sua vida útil.

Integração entre Tanques e Redundância

A configuração com dois tanques em paralelo permitiu operação contínua mesmo durante manutenções ou falhas pontuais. O CLP alternou o acionamento entre os tanques com base nos sinais dos sensores, garantindo redundância. Por exemplo, se um tanque atingisse o nível alto, o sistema transferia automaticamente o bombeamento para o segundo tanque, evitando paradas não programadas. Essa estratégia é crítica em ambientes industriais, onde a continuidade operacional é prioritária.

Limitações e Desafios Identificados

Interferências elétricas: Em testes com motores de alta potência próximos, observou-se ruído nos sinais analógicos dos sensores, exigindo a implementação de filtros no CLP.

Dependência de calibração

A precisão do sistema está vinculada à calibração inicial dos sensores, que deve ser refeita periodicamente em ambientes com variações térmicas significativas.

Complexidade de escalonamento

Embora funcional para dois tanques, a adição de mais unidades demandaria reprojeto da lógica do CLP para evitar conflitos de prioridade.

Relevância Industrial e Contribuições

O sistema proposto apresenta vantagens frente a métodos convencionais:

Custo-benefício:

Sensores analógicos, Digitais e inversores de frequência são amplamente disponíveis, reduzindo custos de implantação.

Segurança:

A detecção em três níveis (baixo, médio, alto) previne condições críticas, como operação a seco da bomba.

Adaptabilidade:

A lógica do CLP pode ser reconfigurada para diferentes capacidades de tanque ou vazões, tornando-a aplicável em setores como químico, alimentício ou tratamento de água.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle de nível de tanque de águas residuais em uma planta industrial, utilizando Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Ao longo deste estudo, foi possível implementar uma solução eficaz e de baixo custo para o monitoramento e controle automático do nível de água em tanques de tratamento, com o intuito de garantir a eficiência operacional e a sustentabilidade do processo.

O sistema desenvolvido demonstrou uma operação eficiente, sendo capaz de manter os níveis de água dentro dos parâmetros estabelecidos, evitando tanto o transbordamento quanto o funcionamento ineficiente das bombas de drenagem. A utilização de CLPs possibilitou a automação do processo, com alto grau de confiabilidade e flexibilidade, características essenciais para ambientes industriais que exigem sistemas robustos e de fácil manutenção.

Durante o desenvolvimento, foi realizada a análise de diversas variáveis, como os tipos de sensores adequados, os parâmetros de controle e os métodos de comunicação entre o CLP e os componentes da planta. Os testes realizados comprovaram a precisão e a estabilidade do sistema, validando sua aplicabilidade em cenários reais de tratamento de águas residuais.

Com isso, conclui-se que o uso de CLPs para o controle de nível em tanques de águas residuais oferece uma solução eficiente e segura para processos industriais, contribuindo para a automação, redução de custos operacionais e preservação ambiental. Além disso, o sistema desenvolvido pode ser facilmente adaptado a diferentes tipos de plantas industriais, atendendo às particularidades de cada processo de tratamento de efluentes.

SUGESTÃO

Como sugestão para trabalhos futuros, fica aberta a possibilidade de explorar a integração do sistema com tecnologias de monitoramento remoto e otimização baseada em inteligência artificial, visando aprimorar ainda mais a eficiência e a capacidade de previsão do sistema de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beasley, J., & McMillan, T. (2007). *Introduction to programmable logic devices and field-programmable gate arrays*. IEEE Press.
- Chiavenato, I. (2000). *Introdução à teoria geral da administração* (6ª ed.). São Paulo: McGraw-Hill.
- Seung-Ki Sul-(2001)Control of Electric Machine Drive Systems"
- Corrêa, H. L., & Corrêa, C. A. (2012). *Administração de produção e operações: Manufatura e serviços – Uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4ª ed.). SAGE Publications.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2001). *Modern control systems* (9ª ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Gil, A. C. (2008).** *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6. ed.). Atlas.
- Groover, M. P. (2007). *Automação, sistemas de produção e computação integrada*. São Paulo:
- INETEC 2024 (Instituto Nacional de Energía Nuclear e Energías Alternativas)
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2017).** *Fundamentos de metodologia científica* (9. ed.). Atlas.
- Minayo, M. C. S. (2008). *O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde* (11ª ed.). Hucitec.
- Morris, R. (2001). *Digital electronics and logic design*. McGraw-Hill.
- Nise, N. S. (2000). *Engenharia de controle moderno* (3ª ed.). São Paulo: LTC.
- Ogata, K. (1997). *Engenharia de controle moderno* (3ª ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Rashid, M. H. (2016). *Power Electronics: Circuits, De-vices and Applications*. Pears
- Raul, A. M. (2008).** *Pesquisa aplicada: Teoria e prática* (2. ed.). Atlas.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.
- Stallings, W. (2010). *Arquitetura e organização de computadores*. São Paulo: Pearson.
- Tubino, D. F. (2010). *Planejamento e controle da produção: Teoria e prática*. São Paulo: Atlas.
- Wendling, M. (2020). *Lógica programável*. 08 jan. 2025.

APÊNDICES

GUIÃO DE ENTREVISTA

1. Qual é a sua formação e experiência profissional na área de automação industrial?

Sou formado em Engenharia Eléctrica , especializado em Automação Industrial, trabalho a 5 Anos na área de Automação Industrial e Instrumentação na empresa Test Angola.

2. Qual a importância dos sistemas de controle de nível em plantas industriais?

Estes Sistemas são fundamentais por diversas razões que impactam segurança, eficiência, custos e conformidade. Garantem prevenção de riscos de Segurança, eficiência operacional, Gestão de recursos e custos.

3. Quais tecnologias de controle são mais utilizadas actualmente no controle de nível?

Hoje em dia, existem várias tecnologias utilizadas no controlo de nível, depende do tipo de fluido (água limpa, água suja, químicos, sólidos granulados), do ambiente de instalação e da precisão necessária. As tecnologias mais usadas são: Medição por Flutuador (Mecânica), Medição por Pressão Hidrostática, Medição por Ultrassom, Radar de Onda Guiada (TDR - Time Domain Reflectometry), e a medição que usamos no seu projecto Medição por Capacitância.

4. Na sua experiência, quais são as vantagens de utilizar CLPs em sistemas de controle de nível?

Os CLPs são muito utilizados em sistemas de controlo de nível devido à sua flexibilidade, robustez e fiabilidade. As principais vantagens são: facilidade de automatizar processos, redução do tempo de produção nas Industriais, redução da

mão humana, precisão, fácil integração com diferentes dispositivos, Facilidade de programação e ajustes .

5. Quais critérios são considerados na escolha de um CLP para controle de nível em uma planta industrial?

Na escolha de um CLP para controle de nível numa planta industrial deve-se considerar vários critérios em função da complexidade do sistema e das necessidades da automação. Geralmente os critérios a termos em conta são: Número de entradas e saídas analógica/Digitais, Capacidade de processamento e memória, capacidade de Comunicação, suporte a controle PID e facilidade de manutenção.

6. Que tipo de sensores e actuadores são mais comumente utilizados em conjunto com CLPs para controle de nível?

Geralmente usa se os sensores que já fizemos menção na pergunta numero 3, quanto aos actuadores os mais usados são as válvulas de Controle, Contactor e VFD .

7. Quais linguagens de programação para CLPs são mais utilizadas no mercado ?

As linguagens de programação são escolhidas em função da complexidade da lógica a ser implementada, para lógicas simples usa se mais o Ladder (Diagrama de blocos) por ser muito simples e de fácil compressão, para lógicas mais complexas e grandes, usa-se a Linguagem Fuction Block (Bloco de Função) por possuir mais opções e a possibilidade de confeccionar os código.

8. Quais são os principais desafios técnicos no desenvolvimento e implementação de sistemas de controle de nível?

O desenvolvimento e implementação de sistemas de controle de nível em plantas industriais apresentam diversos desafios técnicos, que variam conforme o tipo de fluido, ambiente de instalação e nível de automação desejado. Exemplos de interferências nos sensores que podem ser causados por ruídos elétricos podem afetar sinais analógicos (4-20mA, 0-10V), especialmente perto de motores e variadores de frequência. Daí a necessidade do uso de cabos blindados e aterramento correto. O mesmo acontece com a comunicação e integração com o CLP: problemas na configuração de protocolos como Modbus, Profibus, Ethernet/IP podem impedir a comunicação entre sensores, CLP e SCADA. Nessas condições a solução seria verificar endereçamentos, taxas de comunicação e compatibilidade dos dispositivos etc..

9. Como é feito o dimensionamento de sistemas de controle de nível em relação à segurança e precisão?

O dimensionamento de um sistema de controle de nível deve equilibrar segurança e precisão, garantindo que o sistema funcione de forma fiável e sem riscos de falhas operacionais. Para isso, é necessário considerar vários factores: Escolha do Sensor Adequado, Definição da Precisão e Tolerância, Cálculo do Tempo de Resposta e Controle, Implementação de Redundância e Alarme, Protecção contra Falhas e Condições Ambientais.

10. Existe alguma norma ou padrão utilizado?

Geralmente no nosso País não temos normas que regulam esses tipos de actividades, recorremos sempre às normas europeias que realmente são eficazes, funcionais e adaptáveis à nossa realidade. Por outro lado, temos as normas que já vêm com os manuais de instrução de cada dispositivo que deve ser seguidas rigorosamente.

11. Na sua experiência, quais problemas operacionais podem ocorrer em sistemas de controle de nível? Como podem ser mitigados?

Os problemas operacionais que podem ocorrer são, derrames, perda de performance nas Bombas, danificação de dispositivos da instalação Elétrica, mau funcionamento dos Sensores. Para mitigar essas situações deve-se fazer as manutenções programadas, controlo de calibração dos Sensores, manter dispositivos de segurança elétrica. O operador deve manter foco nas actividades para evitar erros humanos.

12. Existem novas tecnologias ou tendências no controle de nível que têm impactado o uso de CLPs?

Sim, O controlo de nível tem evoluído com novas tecnologias que aumentam precisão, segurança e eficiência dos sistemas industriais. Como exemplo temos Sensores com comunicação digital (IO-Link, HART, Wireless) permitem diagnósticos em tempo real e ajustes remotos. Monitorização remota via cloud Permite prever falhas e reduzir manutenção corretiva. Integração com SCADA e Internet das coisas (Industrial IoT) Dados de nível podem ser manipuladas em tempo real via aplicações móveis.

13. O uso de simulações tem sido relevante no desenvolvimento de sistemas?

Sim, hoje os Software disponibilizados nos principais fabricantes de PLC, possibilitam uma simulação real antes mesmo de carregar o programa no CLP físico, podes criar por exemplo uma partida direita de um motor e simular seu funcionamento antes mesmo de carregar o algoritmo num CLP físico, Os softwares Tiaportal da Siems, Ispsoft ou DiaScrean da Delta Eletronic possuem essas funções. Existe também outros Softwares que são muito bom para questões didática no ensino de automação como Micromedia mediaflash player e o CadSimu são todos gratuitos e tem atualizações constantes.

14. Que recomendações você daria para alguém que está desenvolvendo um sistema de controle de nível com CLP?

A minha recomendação para essa pessoa é ter muita dedicação, e investigar mais, levar seu projecto ao debate com outros profissionais na área, recomendo também ir na rede Social Youtube onde há muitas aulas e projectos , alhais é uma ferramenta muito útil quando é bem aproveitado .

15. Gostaria de adicionar algum ponto que não foi abordado durante a entrevista?

Só para dizer que as respostas que eu dei nessa entrevistas são apenas uma pequena parte das informações que precisas, recomendo que leias mais, tem tantos turturiais e ebooks na internet de fontes credíveis leia para enriquecer mais sua monografia.

Estudante
Rosario Paulo C. Nekubo

Entrevistado
Eng. Pedro Kudikusa

ANEXOS