

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE ERECHIM
ÁREA DE ENGENHARIAS E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

DENILSON ZATTI DOS SANTOS

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBAS PARA MELHORIA DE PROCESSO EM
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ERECHIM - RS
2024**

DENILSON ZATTI DOS SANTOS

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBAS PARA MELHORIA DE PROCESSO EM
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Elétrica como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica, Área de
Engenharias e Ciência da Computação da
Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim.**

Orientador: Prof. Cássio Luciano Baratieri

DENILSON ZATTI DOS SANTOS

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBAS PARA MELHORIA DE PROCESSO EM
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Elétrica como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica, Área de
Engenharias e Ciência da Computação da
Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim.**

Erechim, 12 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cássio Luciano Baratieri (Orientador)
URI Erechim

Prof. Me. Glênio Rigoni (Examinador)
URI Erechim

Prof. Dr. Clemerson Alberi Pedroso (Examinador)
URI Erechim

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, sabedoria e paciência durante todo o processo de elaboração deste TCC.

A minha noiva Éllen Perin por suportar a minha ausência e pelo apoio incondicional durante todo o curso, pela compreensão e amor que me fizeram prosseguir.

A minha mãe Maria pelo amor incondicional, apoio e confiança em mim, mesmo nos momentos mais difíceis. Sem vocês, este momento não teria sido possível.

Ao meu orientador, Cássio Luciano Baratieri, por sua paciência, conhecimento e por sempre acreditar no meu potencial. Suas orientações e sugestões foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso, pelo companheirismo, pelas trocas de ideias e pela ajuda em momentos de dificuldades. A presença de vocês foi fundamental para a superação dos desafios ao longo dessa jornada.

Aos profissionais e especialistas que, de alguma forma, colaboraram com informações, dados e sugestões valiosas, contribuindo para o enriquecimento deste estudo.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes ao longo do percurso, meu muito obrigado.

Este trabalho é fruto do esforço coletivo e, com muito orgulho, dedico a todos vocês.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um sistema de automação para bombas. O incentivo para este estudo foi à visita a uma empresa produtora de alimentos que utiliza bombas para a transferência de produtos. Para aprimorar o processo, um protótipo à automação do processo tem sido projetado e implementado para que o sistema se torne mais seguro para operação, gerando maior eficiência para a produção e diminuir intervenções de manutenção. A implantação do resultado do presente estudo proporcionará a melhoria dos processos industriais resultando em qualidade, padronização, segurança, efetividade e rapidez. Para evidenciar a importância realizou-se a revisão bibliográfica apresentado conceito de automação industrial e como ele está atualmente inserido na indústria, conceito e utilização do controlador lógico programável (CLP), aplicações com bombas e componentes elétricos utilizados em automações. Toda a metodologia formatada tendo como referência um sistema mais seguro, para isso são inseridos sensores e atuadores, dessa maneira foi possível ter barreiras que garantam o pleno funcionamento dos equipamentos. Já a programação foi escolhida a ladder, pois hoje é muito difundida no ambiente industrial. Com a conclusão foi evidenciado a eficiência do sistema, com o sistema de proteção é possível garantir com confiança o funcionamento do sistema pré-definido.

Palavras-chave: Automação de bombas. Sistema Supervisório. Computador lógico programável.

ABSTRACT

This work presents the study and development of an automation system for pumps. The incentive for this study was the visit to a food producing company that uses pumps to transfer products. To improve the process, a process automation prototype has been designed and implemented so that the system becomes safer for operation, generating greater production efficiency and reducing maintenance interventions. The implementation of the results of this study will provide improvements to industrial processes resulting in quality, standardization, safety, effectiveness and speed. To highlight the importance, a literature review was carried out presenting the concept of industrial automation and how it is currently inserted in the industry, the concept and use of the programmable logic controller (PLC), applications with pumps and electrical components used in automation. The entire methodology was formatted with reference to a safer system, for this purpose sensors and actuators were inserted, in this way it was possible to have barriers that guarantee the full functioning of the equipment. For programming, ladder was chosen, as it is now widespread in the industrial environment. With the conclusion, the efficiency of the system was highlighted, with the protection system it is possible to confidently guarantee the functioning of the pre-defined system.

Keywords: Pump automation. Supervisory System. Programmable logic computer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Ilustração de linguagem de programação. | 15 |
| Figura 2 - Entradas de um CLP. | 17 |
| Figura 3 - Funcionamento de um sensor. | 18 |
| Figura 4 – Conexões do sensor NPN e CLP. | 18 |
| Figura 5 – Conexões do sensor PNP e CLP. | 19 |
| Figura 6 - Circuito utilizado por Seebeck | 20 |
| Figura 7 - Imagem ilustrativa termopar. | 21 |
| Figura 8 - Sensor PT100. | 25 |
| Figura 9 – Botoeira NA e NF | 26 |
| Figura 10 – Tipos de botões | 27 |
| Figura 11 - Diagrama do processo | 29 |
| Figura 12 - Processo de Moagem totalmente manualmente. | 30 |
| Figura 13 - Painel do sistema de bombas e moagem. | 30 |
| Figura 14 – Sistema antigo. | 31 |
| Figura 15 - Novo sistema proposto. | 33 |
| Figura 16 – CLP TPW04-360BR-D. | 34 |
| Figura 17 – Modulo de expansão Analógica WEG TPW04-3MA. | 34 |
| Figura 18 - Válvula do sistema de transferência | 35 |
| Figura 19 - Sensor PT100. | 36 |
| Figura 20 - Sensor de temperatura | 37 |
| Figura 21 - ScadaBR | 38 |
| Figura 22 – Configuração de software | 39 |
| Figura 23 – Acionamento principal. | 39 |
| Figura 24 – Programação das portas digitais. | 40 |
| Figura 25 – Programação para controle de temperatura. | 41 |
| Figura 26 - Data sources. | 41 |
| Figura 27 - Data points. | 42 |
| Figura 28 - Montagem do protótipo | 43 |
| Figura 29 - Inversor de frequência | 43 |
| Figura 30 - Motor trifásico | 44 |
| Figura 31 - Programação em ladder | 49 |
| Figura 32 - Layout da fábrica. | 50 |
| Quadro 1 - Variações de termopares | 21 |
| Quadro 2 - Discriminação de equipamentos. | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Discriminação das entradas do CLP..... | 36 |
| Tabela 2 – Descrição das saídas do CLP..... | 36 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| IEC | <i>International Electrotechnical Commission</i> |
| CLP | Controlador lógico programável |
| EPROM | <i>Erasable Programmable Read-only Memory</i> |
| CPU | Unidade central de processamento |
| GND | <i>Graduated neutral density filter</i> |
| VCC | Tensão em corrente contínua |
| NA | Normalmente aberto |
| NF | Normalmente fechado |
| WEG | Werner Eggon Geraldo. |
| SET | Setar |
| RST | Resetar |
| NM | Nemo |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 Objetivos..... | 13 |
| 1.1.1 Objetivo geral..... | 13 |
| 1.1.2 Objetivo específico..... | 13 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 14 |
| 2.1 Automação | 14 |
| 2.2 Linguagem de programação | 15 |
| 2.3 Linguagem Ladder | 16 |
| 2.4 Controlador lógico programável..... | 16 |
| 2.4.1 Entradas e saídas | 16 |
| 2.5 Sensores | 17 |
| 2.5.1 Sensores NPN | 18 |
| 2.5.2 Sensores PNP | 18 |
| 2.5.3 Sensores de temperatura | 19 |
| 2.5.4 Termopar | 20 |
| 2.5.5 Sensor PT100 | 25 |
| 2.6 Transdutores..... | 25 |
| 2.7 Botoeiras..... | 25 |
| 2.7.1 Botoeira NA | 26 |
| 2.7.2 Botoeira NF..... | 26 |
| 2.7.3. Chave Impulso | 26 |
| 2.7.4. Chave com retenção | 27 |
| 2.8 Válvulas pneumáticas..... | 27 |
| 2.9 Scada..... | 27 |
| 2.9.1. Funcionamento do SCADA | 28 |
| 3 METODOLOGIA | 28 |
| 3.1 Processo produtivo | 29 |
| 3.1.1 Processo de bombeamento atual..... | 30 |
| 3.1.2 Pontos para automação..... | 32 |
| 3.1.3 Processo de bombeamento proposto | 32 |
| 3.2 Materiais utilizados | 33 |
| 3.2.1 Controlador Lógico Programável | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2 Unidade de expansão | 34 |
| 3.2.3 Válvula automática | 35 |
| 3.2.4 Sensor de temperatura | 35 |
| 3.3 Programação do CLP | 36 |
| 3.4 Montagem do protótipo | 37 |
| 3.5 Aplicação SCADABR..... | 38 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 38 |
| 4.1 Simulação no software TPW-PCCLICK | 38 |
| 4.1.2 Acionamento principal | 39 |
| 4.1.3 Configuração das portas digitais | 40 |
| 4.1.4 Controle de temperatura | 40 |
| 4.3 Teste em bancada e comunicação entre os dispositivos | 42 |
| 4.3.1 – Configuração do inversor de frequência..... | 43 |
| 4.3.2 - Configuração da porta RS485 | 44 |
| 4.3.3 – Ligação do motor 220V | 44 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 44 |
| 5.1 Sugestão para continuação do trabalho | 45 |
| REFERÊNCIAS | 46 |

1 INTRODUÇÃO

Desde a primeira utilização conhecida da roda, que ocorreu na Ásia entre 3500 e 3200 a.C., a humanidade tem buscado "controlar e otimizar" o tempo. Ao longo da história, percebeu que a criação de modelos ou até mesmo de máquinas seria a chave para alcançar o sucesso e atingir seus objetivos de maneira mais eficiente (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

As indústrias, em geral, estão em constante busca de redução de custos. Alguns dos geradores de custos são o retrabalho de produtos, acidentes de trabalho, máquinas ineficientes, admissão e demissão, energia elétrica e desperdício em geral. Portanto, as indústrias devem encontrar maneiras para reduzir ao máximo esses tipos de problemas que afetam tanto as finanças como a cadeia de produção (RIBEIRO, 2017).

Prudente (2011) diz que um sistema é automatizado a partir do momento que ele cumpre uma ou mais tarefas por meio de sinais de várias naturezas, do próprio sistema a ser controlado, ou seja, age automaticamente sem a intervenção humana.

A partir das revoluções industriais as perdas por paradas de máquina são um grande problema na indústria. Dessa maneira, surge a necessidade de criar sistemas onde visa a confiabilidade de todo o sistema produtivo, visando a menor utilização de intervenção humana, pois a falta de mão de obra qualificada afeta diretamente o produto final.

Sendo assim, entende que a automação dos equipamentos é uma maneira eficiente de conseguir com que a produção fique mais segura quanto a eventos inesperados. Dessa abordagem surge o ponto crucial para a realização desse trabalho, a necessidade de melhoria através da automação do sistema de bombas.

Controlar bombas não é apenas uma questão de eficiência, mas também de sustentabilidade, segurança e confiabilidade, tornando essa prática indispensável em aplicações industriais, agrícolas e domésticas.

No sistema sem automação a máquina fica totalmente sobre a supervisão do operador. Do risco da falha humana surgiu a necessidade de tornar o processo mais seguro. Todo o projeto foi pensado em reduzir o custo de peças e mão de obra devido a frequentes manutenções no sistema, assim agilizando e evitando custos desnecessários com linhas de produção paradas.

Para abordar essas questões e desenvolver a programação, projeto elétrico e controle foi realizada uma pesquisa de campo para selecionar os equipamentos que melhor atendessem às necessidades. Esse levantamento também visou assegurar que a integração dos sistemas ocorresse com o melhor custo-benefício possível.

O motivo mais importante que demandou a necessidade foram custos desnecessários. Sendo eles:

1. Segurança do operador: durante a operação em caso de falha humana pode gerar um aquecimento intenso, o qual ao ocorrer o contato físico pode gerar queimaduras
2. Mão de obra: devido à falta de mão de obra especializada no mercado de trabalho o deslocamento de manutentores para realização de atividades não programadas pode ocasionar o acúmulo de tarefas.
3. Custos operacionais: a margem de lucro da empresa diminui quando o custo de operação aumenta, por esse motivo há grande interesse em manter sempre os equipamentos em condições nominais.

O estudo deste projeto foi apresentado em cinco capítulos, cada um abordando uma etapa específica. O primeiro capítulo consiste na introdução, que apresenta de forma sucinta o problema enfrentado. No segundo capítulo, é realizada a revisão bibliográfica, abrangendo o embasamento teórico utilizado na elaboração do projeto. O terceiro capítulo é dedicado à metodologia, detalhando o desenvolvimento do projeto e a estruturação do sistema implementado. O quarto capítulo aborda os resultados e discussões, destacando a evolução do projeto e os aspectos fundamentais para sua concretização. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão, sintetizando todo o processo realizado e as principais considerações decorrentes do estudo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

- Automação de sistema de bombas para melhoria de processos em indústria alimentícia.

1.1.2 Objetivo específico

- Especificar as características técnicas e variáveis de controle de bombas a ser automatizado;
- Definir os sensores e atuadores às variáveis a serem monitoradas e controladas;
- Desenvolver programação para os sensores e atuadores;
- Projetar o sistema de automação em bancada para coleta de resultados;
- Validar em bancada o funcionamento da automação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentadas as fundamentações teóricas e conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho e contextualização da proposta diante de trabalhos similares.

2.1 Automação

A automação se tornou comum desde a criação das primeiras máquinas e ganhou força durante a revolução industrial. Assim, a automação está intrinsecamente associada à ideia de movimento automático, repetitivo e mecânico, sendo sinônimo de mecanização, e, portanto, representa a repetição de ações (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

A automação refere-se a um conjunto de técnicas utilizadas para criar sistemas ativos que podem operar de maneira eficiente, utilizando informações obtidas do ambiente em que atuam. Com base nessas informações, o sistema determina a ação corretiva mais adequada para realizar a tarefa. Essa capacidade de ajustar suas ações com base em *feedback* é uma característica dos sistemas de malha fechada (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

Ela promove eficiência operacional, redução de erros e segurança em ambientes de trabalho. Sistemas de automação empregam sensores para coleta de dados e atuadores para executar comandos em máquinas industriais (CHECKBITS, 2024).

Entre seus componentes principais estão os CLPs, que controlam equipamentos, e sistemas supervisórios SCADA, que monitoram processos em tempo real. Atuadores e sensores desempenham papéis fundamentais na coleta de dados e execução de ações, respectivamente (ALURA, 2024).

Entre os benefícios estão o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, redução de custos e maior segurança nos processos. Além disso, a automação utiliza ferramentas como CLPs, sistemas SCADA e sensores para otimizar operações (TOVS, 2023).

As empresas que se mantêm atualizadas com os avanços tecnológicos e os aplicam em suas instalações tendem a se destacar frente às concorrentes. A automação, isoladamente, não resolve os desafios empresariais. No entanto, a combinação de diversas tecnologias e a presença de trabalhadores qualificados contribuem para o sucesso das empresas (BRASILEIRO, 2022).

2.2 Linguagem de programação

Com o objetivo de atender a diferentes setores da indústria, incluindo seus usuários, e de padronizar as várias metodologias de programação para controladores industriais, a norma IEC 61131-3 estabeleceu, tanto sintática quanto semanticamente, cinco linguagens de programação (SILVEIRA; SANTOS, 2002). Como pode-se observar na Figura 1 são cinco linguagens.

1. O Texto Estruturado é uma linguagem textual padronizada pela norma **IEC 61131-3**, adaptada para uso em CLPs. Amplamente utilizada na automação industrial, é apreciada por sua sintaxe similar a linguagens de programação convencionais como C, facilitando o desenvolvimento de sistemas complexos (ALVES, 2018).

2. A Lista de Instruções é uma linguagem textual de baixo nível, semelhante à linguagem Assembly, usada para programação direta de CLPs. É eficiente em termos de processamento, mas com menor legibilidade, o que a torna mais indicada para programadores experientes (SILVA, 2016).

3. O Diagrama de Blocos é uma linguagem gráfica baseada em blocos funcionais interligados, amplamente utilizada na programação de CLPs. É especialmente útil para sistemas que demandam visualização e reutilização de funções (BARBOSA, 2019).

4. A Linguagem Ladder, baseada em diagramas de contatos, é amplamente utilizada em automação industrial devido à sua semelhança com esquemas elétricos. Popular entre engenheiros eletricitistas e técnicos, é uma linguagem acessível e eficaz para controle sequencial (FERRARESI, 2021).

5. A Sequência Gráfica de Funções é uma linguagem gráfica utilizada para controle de processos sequenciais, dividindo o fluxo de controle em etapas e transições. É ideal para automação de processos industriais mais complexos (SANTOS, 2017).

Figura 1 - Ilustração de linguagem de programação.

| | |
|---|----------|
| Texto Estruturado (ST) | Textuais |
| Lista de Instruções (IL) | |
| Diagrama de Blocos e Funções (FDB) | Gráficas |
| Linguagem <i>Ladder</i> | |
| Seqüenciamento Gráfico de Funções (SFC) | |

Fonte: SILVEIRA; SANTOS, (2002)

2.3 Linguagem Ladder

A linguagem Ladder é uma linguagem de programação gráfica amplamente utilizada para programar Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) na automação industrial. Ela se assemelha a diagramas elétricos de controle, facilitando a transição de técnicos e engenheiros eletricitistas para a programação de sistemas digitais (INETEC, 2023).

Nessa linguagem, são utilizados símbolos de bobinas e contatos. Os contatos programados em uma linha representam as condições a serem avaliadas conforme a lógica. O resultado dessas avaliações determina o controle de uma saída, geralmente representada pelo símbolo de uma bobina. Recebeu vários nomes desde sua criação, porém o mais conhecido no meio industrial é o Ladder (LEANDRO, 2010).

2.4 Controlador lógico programável

Considera-se o Controladores Lógicos Programáveis (CLP) como um computador, especialmente projetado para operar em ambientes industriais. Os transdutores e atuadores são conectados a cartões de interface robustos. Em comparação com um computador de escritório, os primeiros CLPs tinham um conjunto de instruções limitado, geralmente apenas condições lógicas, e não possuíam entradas analógicas, sendo capazes de manipular apenas aplicações de controle digital (FRANCHI E CAMARGO; 2020).

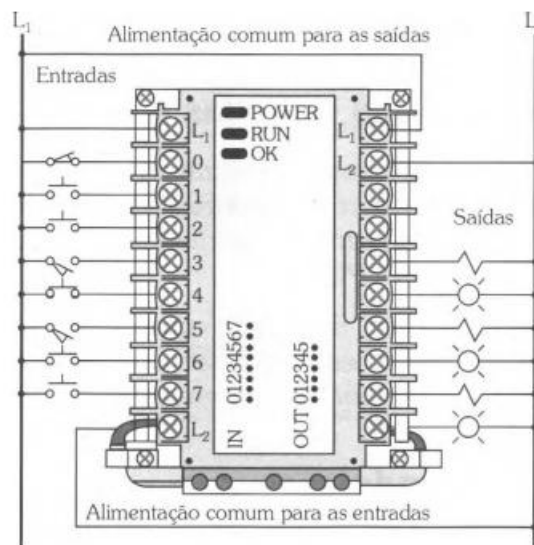
Este dispositivo eletrônico-digital, projetado para aplicações industriais, é utilizado para controlar processos produtivos e oferece diversas vantagens em comparação com outros dispositivos de controle industrial. Entre essas vantagens estão: baixo custo, facilidade de programação e manutenção, flexibilidade, alta confiabilidade e facilidade na substituição dos dispositivos de entrada e saída (LEANDRO, 2010).

2.4.1 Entradas e saídas

Destaca-se uma vantagem fundamental dos CLPs: a capacidade de modificar a lógica de controle sem a necessidade de alterar as conexões físicas das entradas e saídas. Isso significa que é possível ajustar a maneira como as saídas são ativadas conforme as exigências do processo, sem ter que mexer nas conexões elétricas já estabelecidas. Isso proporciona uma flexibilidade significativa no controle de processos industriais, permitindo adaptações sem interrupções ou modificações complexas na infraestrutura física (LEANDRO, 2010).

As entradas podem ser vistas na Figura 2.

Figura 2 - Entradas de um CLP.



Fonte: O. LEANDRO S.; G., (2010).

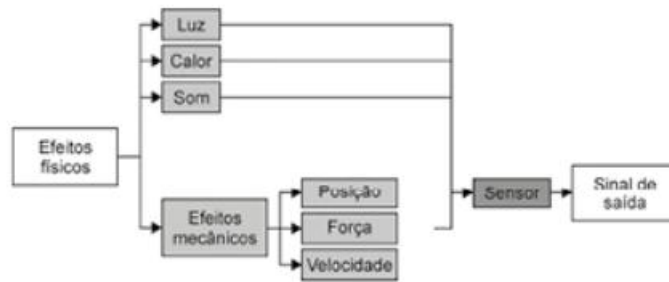
Pode dividir as memórias do controlador em: EPROM, Memória do Usuário, Memória de Dados e Memória-Imagem das Entradas e Saídas. A memória EPROM contém o programa monitor elaborado pelo fabricante, que faz o startup do controlador, armazena dados e gerencia a sequência de operações.

A Memória do Usuário armazena o programa aplicativo do usuário, a CPU processa esse programa atualiza a memória de dados internos e imagem das entradas e saídas e retorna novamente para essa área da memória. A Memória de Dados guarda dados referentes ao processamento do programa do usuário. A Memória-Imagem das entradas e saídas reproduz o estado dos periféricos de entrada e saída (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

2.5 Sensores

Sensores são dispositivos que detectam e respondem a diferentes formas de energia, como luz, calor ou movimento, ilustrado na figura 3. Eles são usados para medir grandezas como temperatura, pressão, velocidade, corrente, entre outras. No entanto, os sinais gerados pelos sensores nem sempre estão prontos para serem utilizados em sistemas de controle. Muitas vezes, é necessário manipular esses sinais por meio de um circuito de interface para que possam ser lidos corretamente pelo controlador do sistema (THOMAZINI E ALBUQUERQUE, 2020).

Figura 3 - Funcionamento de um sensor.



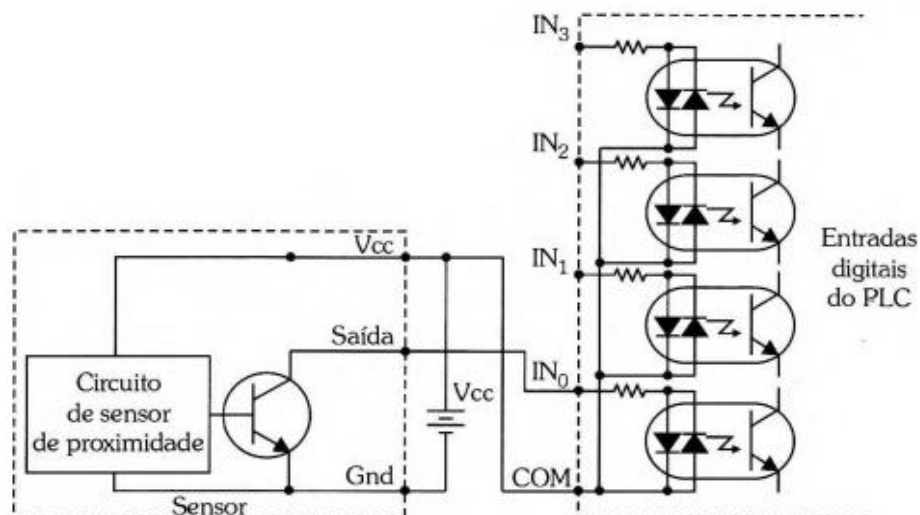
Fonte: THOMAZINI E ALBUQUERQUE (2020).

2.5.1 Sensores NPN

No caso de um sensor NPN, ao detectar um objeto, ele faz com que o transistor NPN comute, enviando um sinal de gnd (negativo) para a entrada do CLP, resumo, a saída NPN apresenta uma lógica negativa, ou seja, o dispositivo envia um sinal negativo para indicar que está ativado. (LEANDRO, 2010).

Podemos ver esse sistema na figura 4.

Figura 4 – Conexões do sensor NPN e CLP.



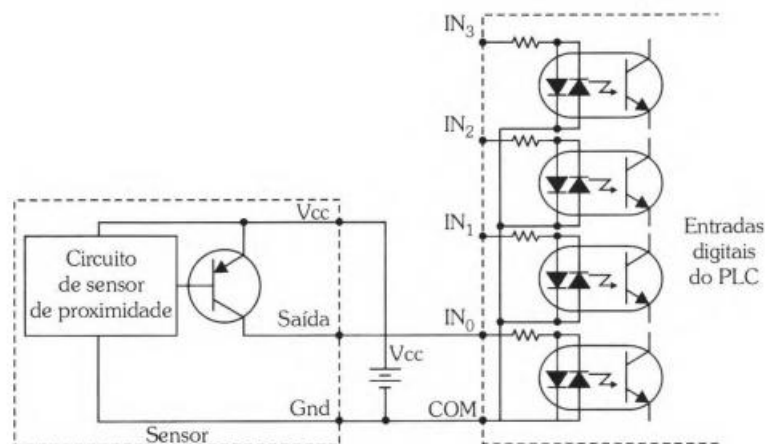
Fonte: LEANDRO, (2010).

2.5.2 Sensores PNP

Para sensores do tipo fonte (PNP), o circuito de entrada do CLP é conectado ao terminal comum do sensor, conforme visto na figura 5. Quando o transistor PNP no sensor está

desligado, nenhuma corrente passa entre o sensor e o CLP, assim se mantém desligado. Quando um objeto é posto diante do sensor, ele comuta o circuito do transistor PNP, ligando. A corrente virá a passar pelo transistor pnp e no CLP, saindo pelo terminal comum para retornar ao lado negativo da fonte de energia. Dessa maneira, a entrada do CLP fica em nível alto. Para esse tipo de conexão, a tensão V_{cc} deve ser suficiente para atender ao mínimo de tensão necessária para a entrada do CLP (LEANDRO, 2010).

Figura 5 – Conexões do sensor PNP e CLP.



Fonte: LEANDRO, (2010).

De maneira geral os sensores PNP são conectados a entradas do CLP e sensores NPN na entrada da fonte do CLP, se não feito dessa maneira ele não irá detectar o objeto de entrada, portanto não funcionará (LEANDRO, 2010).

2.5.3 Sensores de temperatura

Sensores de temperatura são dispositivos projetados para medir a temperatura ao seu redor. Eles são comumente empregados em processos comerciais e industriais, incluindo a refrigeração de alimentos e compostos químicos, além de serem utilizados em eletrodomésticos como geladeiras, aquecedores, fornos elétricos e micro-ondas, conforme ilustrado nos exemplos a seguir (NATALE, 2008).

- Termopares: Utilizam o efeito Seebeck para medir diferenças de temperatura por meio de junções metálicas. Amplamente aplicados em processos industriais (RIBEIRO, 2002).
- As termorresistências, também conhecidas como *Resistance Temperature Detectors*, são sensores de temperatura que operam com base na variação da resistência elétrica de um

material em função da temperatura. Geralmente, utilizam metais puros, como a platina, devido à sua estabilidade e precisão (TEMPERATURA, 2019).

- Termistores: Sensores semicondutores que apresentam alta sensibilidade a variações de temperatura. Dividem-se em NTC (coeficiente negativo) e PTC (coeficiente positivo), sendo utilizados em equipamentos eletrônicos e aplicações que requerem resposta rápida (MATTEDE, 2018).

- Sensores infravermelhos são dispositivos que detectam a radiação infravermelha emitida por objetos, permitindo a identificação de variações térmicas e a detecção de presença ou movimento. Eles são amplamente utilizados em sistemas de segurança, automação industrial, controle de iluminação e aplicações médicas. (ABNT, 2020).

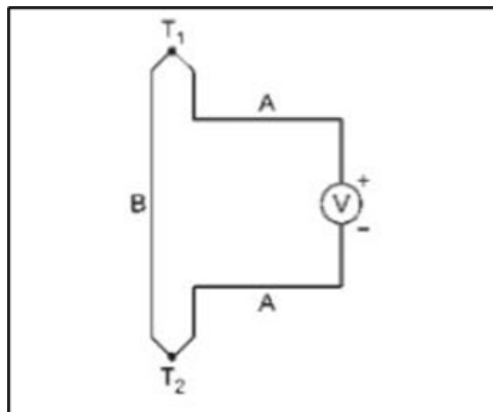
- Sensores de Estado Sólido: Baseados em circuitos integrados, fornecem medições precisas em aplicações eletrônicas e sistemas embarcados (RIBEIRO, 2002).

- Termômetros de vidro: Tradicionalmente usados para medições de temperatura, contêm um líquido que se expande ou contrai com a variação térmica, indicando a temperatura em uma escala graduada (ENGELOGIC, 2015).

2.5.4 Termopar

Em 1821, Seebeck descobriu que, em um circuito fechado composto por fios de dois metais diferentes, uma corrente elétrica é gerada se a temperatura de uma junção T_1 for maior que a temperatura da outra extremidade T_2 , como podemos ver na figura 6 (BALBINOT E BRUSAMARELLO, 2011).

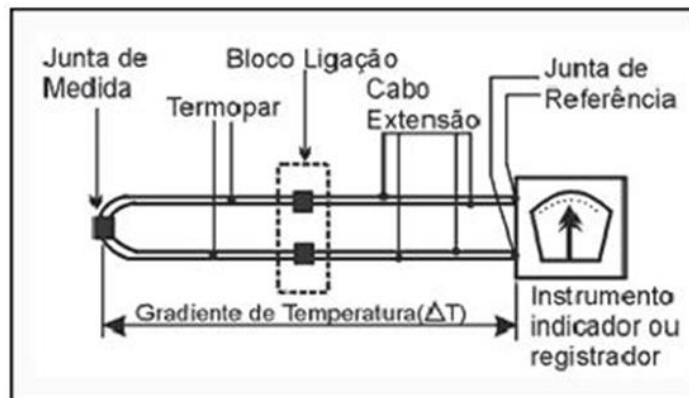
Figura 6 - Circuito utilizado por Seebeck



Fonte: Balbinot, Brusamarello, (2011)

O efeito Seebeck é fundamental para o funcionamento dos termopares, que medem a diferença de potencial gerada por fios de metais distintos. A conexão entre os fios do termopar e o instrumento de medição é denominada junta fria ou junta de referência. Este sistema, composto pelo termopar, junta fria e o instrumento de medição, pode ser utilizado para medir diretamente a diferença de temperatura entre dois pontos ou para determinar uma temperatura absoluta, como é ilustrado na figura 7 (BALBINOT E BRUSAMARELLO, 2011).

Figura 7 - Imagem ilustrativa termopar



Fonte: Termopares, (2020)

Basicamente, existem 8 tipos diferentes de termopares, são eles: S, R, B, J, K, N, T, e E. Balbinot e Brusamarello (2011) caracterizam os termopares conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Variações de termopares

| Caracterização de termopares | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---|
| Nomes | Composição | Faixa de utilização | Características |
| TERMOPARES T | Cobre / Cobre – Níquel. | 200°C a 350°C | Podem ser usados em atmosferas oxidantes, redutoras, inertes e no vácuo. Adequados para medições abaixo de zero grau. |

| | | | |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--|
| | | | Apresentam boa precisão na sua faixa de utilização. |
| TERMOPARES J | Ferro / Cobre – Níquel | 40°C a 750°C | Podem ser usados em atmosferas oxidantes, redutoras, inertes e no vácuo. Não devem ser usados em atmosferas sulfurosas e não se recomenda o uso em temperaturas abaixo de zero grau. Apresentam baixo custo. |
| TERMOPARES E | Níquel - Cromo / Cobre – Níquel | 200°C a 900°C | Utilizados em atmosferas oxidantes e inertes. Em ambientes redutores ou vácuo perdem suas características termoelétricas. Adequados para uso em temperaturas |

| | | | |
|---------------------|--|---------------|---|
| | | | abaixo de zero grau. |
| TERMOPARES K | Níquel - Cromo / Níquel - Alumínio | 200°C a 900°C | Recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Ocasionalmente podem ser usados abaixo de zero grau. Não devem ser utilizados em atmosferas redutoras ou sulfurosas. Seu uso no vácuo é por curto período de tempo. |
| TERMOPARES S - R | 90% Platina - 10% Ródio / Platina ou 87% Platina - 13% Ródio / Platina | 0°C a 1.600°C | Recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Não devem ser usados abaixo de zero grau, no vácuo, em atmosferas redutoras ou atmosferas com vapores metálicos. Apresentam boa precisão em |

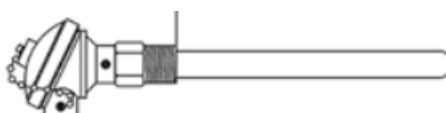
| | | | |
|-----------------|--|--------------------|---|
| | | | temperaturas elevadas. |
| TERMOPARES B | 70% Platina - 30% Ródio / 94% Platina - 06% Ródio | 600°C a 1.700°C | Recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Não devem ser usados abaixo de zero grau, no vácuo, em atmosferas redutoras ou atmosferas com vapores metálicos. Mais adequados para altas temperaturas que os tipos S/R. |
| TERMOPARES N | Níquel-Cromo-Silício / Níquel-Silício | 200°C a 1.200°C | Excelente resistência à oxidação até 1.200°C. Curva F.E.M. x Temp. similar ao tipo K, porém possuem menor potência termoelétrica. |

Fonte: BALBINOT E BRUSAMARELLO (Adaptado), (2011).

2.5.5 Sensor PT100

A termoresistência de platina é muito usada no ambiente fabril devido sua estabilidade e precisão. Tem sua resistência de 100 a 0 Ω o que o nomeia (PT100, figura 8 ilustra o formato), existe duas classes, que entre elas altera sua faixa de trabalho sendo a classe A de -200 a 600°C e classe B de -200 a 850°C (THOMAZINI E ALBUQUERQUE, 2020).

Figura 8 - Sensor PT100



Fonte: THOMAZINI E ALBUQUERQUE (2020).

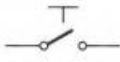
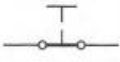
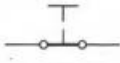

2.6 Transdutores

Um transdutor é um dispositivo que inclui tanto o sensor quanto os circuitos de interface necessários para converter uma grandeza física, como temperatura ou pressão, em um sinal elétrico, como tensão ou corrente. Esse sinal elétrico é então utilizado pelos sistemas de controle para tomar decisões ou realizar ações. O transdutor funciona como uma interface entre a forma de energia e o controle, assim os comunicando. Neste contexto, o transdutor é considerado o dispositivo completo que engloba o sensor e os circuitos de interface (THOMAZINI E ALBUQUERQUE, 2020).

2.7 Botoeiras

Existem inúmeras botoeiras conforme ilustra a figura 10, porém, a chave mais comum na indústria é a botoeira, que vem em dois tipos: impulso e trava. A botoeira de impulso é acionada ao pressionar o botão e desativa ao soltá-lo, com a desativação ocorrendo por meio de uma mola interna. Já a botoeira de trava permanece ativada após ser pressionada e só desativa ao ser pressionada novamente. As botoeiras possuem dois tipos de contatos internos: normalmente abertos e normalmente fechados, conforme a figura 9 (LEANDRO S.; G., 2010).

Figura 9 – Botoeira NA e NF

| Chave de impulso | Desacionado | Accionado |
|------------------|---|---|
| NA |  |  |
| NF |  |  |

Fonte: O. LEANDRO S.; G., 2010

2.7.1 Botoeira NA

Os contatos normalmente abertos (NA) em sistemas elétricos industriais. Esses contatos mantêm-se naturalmente abertos e requerem uma força externa para serem fechados. Eles são comumente referidos como contatos NO em muitas aplicações industriais. Existem dois tipos principais de contatos: os de alta capacidade de corrente, usados em ramais de motores ou carga, chamados de contatos de carga, força ou principais; e os contatos auxiliares, destinados aos próprios comandos, que suportam correntes mais baixas e não são adequados para circuitos de carga. Os contatos auxiliares NA são identificados por dois dígitos: o primeiro indica o número sequencial do contato e o segundo representa o código de função, que para esses contatos é 3 ou 4 (O. LEANDRO S.; G., 2010).

2.7.2 Botoeira NF

Esse texto trata dos contatos normalmente fechados (NF) em sistemas elétricos industriais. Esses contatos permanecem naturalmente fechados e requerem uma força externa para serem abertos. Eles são comumente referidos como contatos NC em muitas aplicações industriais. Assim como os contatos normalmente abertos, os contatos normalmente fechados também são divididos em contatos de carga e contatos auxiliares. A marcação dos contatos auxiliares NF é composta por dois dígitos: o primeiro indica o número sequencial do contato e o segundo representa o código de função, que para esses contatos é 1 ou 2 (O. LEANDRO S.; G., 2010).

2.7.3. Chave Impulso

Também conhecida como chave sem retenção, este equipamento só permanecerá acionado enquanto tiver uma força mecânica externa sobre ele, quando cessar esta força, a chave volta para sua posição inicial. (PORTAL, 2022).

2.7.4. Chave com retenção

Também conhecida como chave com trava, uma vez acionada, seu retorno à situação anterior somente acontece com um novo acionamento. (FRANCHI, 2020).

Figura 10 – Tipos de botões



Fonte: SITE DA WEG

2.8 Válvulas pneumáticas

A operação de válvulas de controle automático é um aspecto crucial em diversos sistemas industriais, onde a regulação precisa do fluxo de fluidos é essencial. A abertura ou fechamento dessas válvulas é geralmente realizado por meio de atuadores, que podem ser elétricos, hidráulicos ou pneumáticos. Cada tipo de atuador possui características específicas que os tornam mais adequados para determinadas aplicações. (RODRIGUES, 2012).

As válvulas acionadas a ar são comumente utilizadas devido à sua simplicidade, uma vez que só requerem uma alimentação de ar comprimido, enquanto que as válvulas acionadas eletricamente requerem cabeamento adicional e engrenagem de comutação, e as válvulas acionadas hidráulicamente requerem linhas de alimentação e de retorno de alta pressão para o fluido hidráulico. (PETROBRAS, 2010).

2.9 Scada

O SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) é um sistema de controle e supervisão utilizado em processos industriais e infraestrutura crítica. Ele permite monitorar,

controlar e coletar dados de dispositivos e equipamentos em tempo real, garantindo que os processos sejam executados de maneira eficiente e segura (RODRIGUES, 2017).

2.9.1. Funcionamento do SCADA

O SCADA consiste em três componentes principais:

1. Unidades de Controle Remoto (RTUs): São dispositivos instalados em campo para coletar dados de sensores e executar comandos em tempo real.

2. Controladores Lógicos Programáveis (CLPs): Responsáveis por controlar diretamente os processos automatizados e enviar dados para o sistema SCADA.

3. Software SCADA: Permite a visualização e análise dos dados coletados, além do controle e automação dos processos a partir de uma interface gráfica.

O SCADA é fundamental em diversos setores, como energia elétrica, indústria de petróleo e gás, tratamento de água, transporte, entre outros. Ele oferece uma visão centralizada e em tempo real dos processos, o que permite intervenções rápidas e eficientes, além da análise histórica de dados para melhorar a operação dos sistemas (RODRIGUES, 2017).

3 METODOLOGIA

Na metodologia serão apresentados os procedimentos utilizados para a elaboração deste projeto de automação. Para desenvolvimento do trabalho, é importante conhecer o funcionamento de bombas industriais, com isso, foram determinados quais os pontos em que a automação deve ser implementada a fim de melhorar o processo de segurança.

Para atingir os objetivos deste trabalho, foram cumpridas várias etapas que podem ser divididas da seguinte forma:

1. Levantamento do conhecimento necessário para entender o fluxo da linha de produção a ser estudada;
2. Construção de um fluxograma de programação a partir de um layout de produção;
3. Desenvolvimento de uma programação para a planta do processo;
4. Realização de uma simulação computacional do programa do CLP e no software ScadaBr;
5. Desenvolvimento do protótipo em bancada.

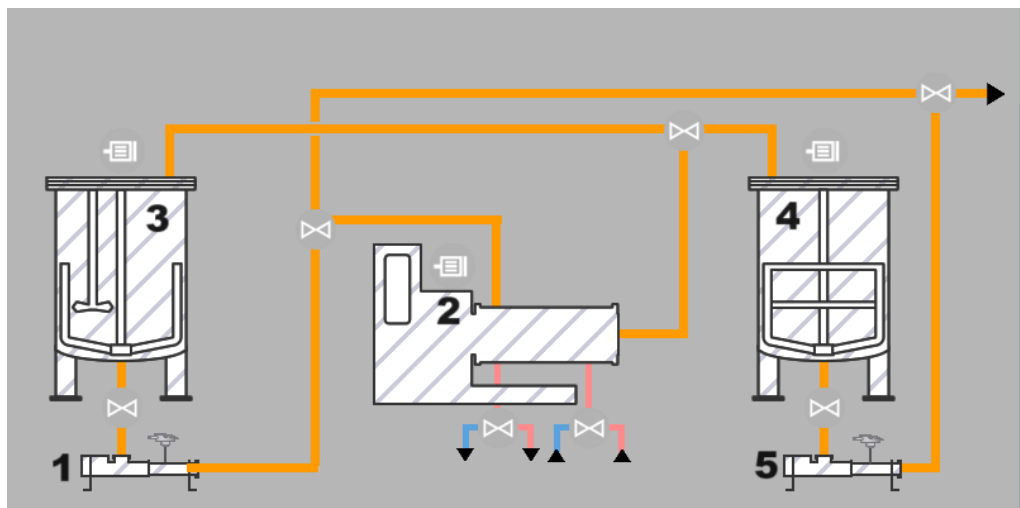
3.1 Processo produtivo

Para realização deste trabalho, foi realizada uma visita na fábrica de alimentos produtora de candies e chocolates, a fim de entender como funciona o processo de bombeamento e com isso desenvolver o protótipo de forma adequada. Alguns problemas levantados foram a quantidade de manutenção, problemas com a qualidade do produto e o custo desnecessário em troca de componentes.

Após entender todo funcionamento prático, durante a visita foi observado a produção, sendo toda a sua operação manual. No local foi feito um levantamento do que cada equipamento da linha pode e não pode fazer.

Nas figuras 11, 12 e 13 se observa parte do processo da fábrica visitada.

Figura 11 - Diagrama do processo



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 - Processo de Moagem totalmente manualmente



Fonte: Autoria própria.

Figura 13 - Painel do sistema de bombas e moagem.



Fonte: Autoria própria.

3.1.1 Processo de bombeamento atual

Para entendimento do processo de bombeamento atual é necessária uma análise aprofundada, pois o sistema pode ter variações de pressão e temperatura conforme o produto que está sendo processado, o produto é carregado no tanque de moagem e transferido para o moinho através da bomba de transferência, passando por uma válvula manual na saída do

tanque a qual o operador precisa abrir antes de iniciar o processo de moagem, sistema demonstrado na Figura 11, assim listado os principais dispositivos para melhor visualização.

- Botões de acionamento e parada do moinho e bomba.
- Tanque de moagem com mexedor e dispersor
- Válvulas manuais MGA
- Moinho Netzsch MR50 com motor trifásico
- Bomba Netzsch NM3101L

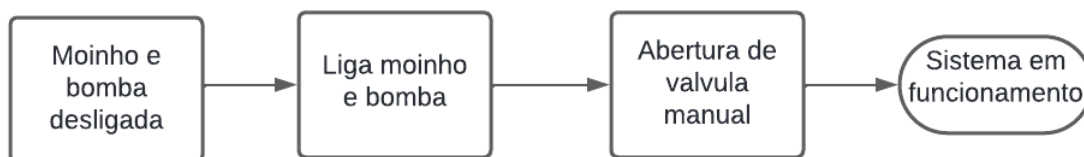
Quadro 2 - Discriminação de equipamentos

| Sistema de moagem | |
|-------------------|-------------------------|
| 1 | Bomba de abastecimento |
| 2 | Moinho de esferas |
| 3 | Tanque de dispersão |
| 4 | Tanque de armazenamento |
| 5 | Bomba de transferência |

Fonte: Autoria própria.

A figura 14 ilustra o fluxograma explicando o processo de produção hoje instalado.

Figura 14 – Sistema antigo.



Fonte: Autoria própria.

Nesse sistema é possível verificar o seguinte processo

1. Carregamento do tanque: é realizado por meio de uma ordem de serviço, onde a matéria prima é carregada em uma sequência pré-definida, matéria prima é composta basicamente por açúcar, leite em pó, gordura e reprocesso coletados da linha de produção.
2. Avaliação do sistema: Antes de iniciar o processo de moagem o operador precisa conferir as válvulas as quais dão passagem do produto do tanque para a bomba e por sequência o moinho de esferas.

3. Processo de moagem: O processo de moagem é iniciado a partir do momento que o operador liga o sistema, por meio de duas botoeiras é ligada a bomba de injeção do produto e o processo de moagem. O produto que é ejetado do moinho é enviado até o tanque de carregamento novamente.

4. Liberação do produto: O produto é liberado a partir do momento que é realizada a conferência da viscosidade e granulometria junto a qualidade da empresa, essa amostra é coletada logo na saída do moinho, caso esteja dentro do padrão o produto é liberado para a linha de produção, caso não ele continua em processo de moagem.

Sistema é funcional, porém com muitas possibilidades para melhorias onde pode ser realizada a instalação e controlar melhor o processo, evitando surpresas inesperadas.

Como é constado, o sistema fica totalmente aos cuidados do operador, o qual pode cometer erros nas verificações e o sistema ser ligado com algum processo fechado ou obstruído.

3.1.2 Pontos para automação

O sistema descrito anteriormente é necessário a atenção em determinados pontos para o desenvolvimento, por isso é essencial elencar e projetar a automação desse sistema para garantir a funcionalidade e atingir as expectativas. O novo sistema precisa conter os seguintes requisitos

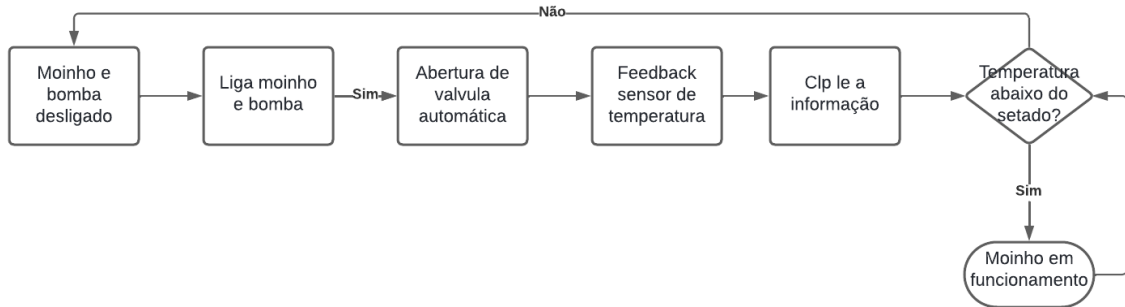
1. Controlar a abertura de válvula de saída do tanque: Atualmente a válvula é aberta manualmente pelo operador, é necessário que esse sistema abra automaticamente quando se inicia a moagem.

2. Controle de temperatura: Em caso de o sistema trancar devido a interferência por material estranho ou processo precisa ter uma proteção que corte o sistema caso ele ultrapasse a temperatura setada, para evitar a queima de produto e avaria de peças.

3.1.3 Processo de bombeamento proposto

O sistema proposto conta com a automação necessária para alcançar os resultados esperados. Por meio de sensores e atuadores descritos nos pontos para automação foi realizada a confecção do fluxograma da automação sugerida. Assim facilitando a visualização e compreensão. Na figura 15 é possível verificar o sistema de automação proposto.

Figura 15 - Novo sistema proposto.



Fonte: Autoria própria.

O sistema funciona após a finalização do processo de carregamento seguindo a sequência descrita abaixo.

1. O operador irá iniciar o processo ao apertar a botoeira de ligar a bomba, ao ligar automaticamente a válvula de descarga abrirá assim liberando o produto para chegar até a bomba.
2. Após isso será necessário apertar a botoeira para ligar a moagem, o produto seguirá o fluxo até o tanque de armazenamento, durante todo o processo o sensor de temperatura registrará o produto que será passado pela bomba, assim em caso de trabalho a seco a automação desligará o sistema, aguardando a ação do operador.

3.2 Materiais utilizados

Para a montagem do protótipo foram utilizados diversos componentes elétricos como o Controlador Lógico Programável (CLP), unidade de expansão, válvula pneumática e sensores.

3.2.1 Controlador Lógico Programável

O CLP utilizado no projeto é o da marca WEG, modelo TPW04-360BR-D 3. Trata-se de um dispositivo robusto e confiável, ideal para o ambiente fabril. A sua função é receber os sinais dos sensores e botoeiras em suas entradas digitais e acionar as saídas conforme a lógica de programação for executada. Na Figura 16 abaixo, é possível observar o CLP utilizado.

Figura 16 – CLP TPW04-360BR-D



Fonte: SITE DA WEG

3.2.2 Unidade de expansão

Para realização do trabalho foi necessário a utilização de um modulo de expansão analógica, o escolhido foi o modulo WEG TPW04-3MA, o mesmo conta com duas entradas e uma saída analógica como podemos ver na figura 17. Para o trabalho é suficiente devido a necessidade de uma porta para entrada do sensor de temperatura acoplado a bomba.

É compatível com o CLP TPW04 da WEG, integrando-se facilmente ao sistema de automação existente e ampliando suas funcionalidades sem a necessidade de uma reformulação completa do sistema.

Figura 17 – Modulo de expansão Analógica WEG TPW04-3MA



Fonte: CSA AUTOMAÇÃO

3.2.3 Válvula automática

Para a realização da abertura automática da válvula de saída será a utilização de uma válvula pneumática conforme a figura 18. A qual fará abertura do sistema sem a necessidade de intervenção do operador. Dados dela são:

1. Válvula de esfera tripartida 2 polegadas MGA
2. Atuador pneumático Festo retorno por mola
3. Válvula solenoide 5/3 vias 24V

Figura 18 - Válvula do sistema de transferência



Fonte: Autoria própria

3.2.4 Sensor de temperatura

A temperatura será monitorada através de um sensor PT-100 (STP3 modelo para bomba NM031, figura 19), o mesmo é indicado pelo próprio fabricante para o controle do processo, assim conseguimos garantir a confiabilidade do componente. Os dados dele são:

1. Elemento sensor: PT-100
2. Intervalo de trabalho: -50 a 250°C
3. Material: Aço inox 316

Figura 19 - Sensor PT100



Fonte: Acessórios e dispositivos Netzsch, (2023)

3.3 Programação do CLP

Para iniciar a programação do CLP, foi necessário baixar o software TPW-PCLINK de programação junto ao site do fabricante, este gratuito. Na tabela 1 e 2 podemos verificar as entradas e saída do CLP que foram utilizadas.

Tabela 1 - Discriminação das entradas do CLP

| Relação das entradas por função | |
|---------------------------------|------------------------------|
| X0 | Botão liga bomba e moagem |
| X2 | Botão desliga bomba e moagem |
| X3 | Sensor de temperatura |

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Descrição das saídas do CLP

| Relação das saídas por função | |
|-------------------------------|-------------|
| Y1 | Liga bomba |
| Y2 | Liga moagem |
| Y3 | Liga sirene |

Fonte: Autoria própria

Após a definição das entradas e saídas, é feita a lógica de programação toda ela em linguagem ladder. A linguagem ladder é muito difundida dentro das empresas e por isso foi escolhida para esse projeto. Na programação serão utilizados diversos recursos oferecidos pelo

software de programação como, temporizadores, intertravamentos, registradores e memórias. O carregamento do software para o CLP será feito através do protocolo de comunicação RS485, sendo necessário apenas configurar a porta de saída do computador tornando-a compatível com a entrada do CLP.

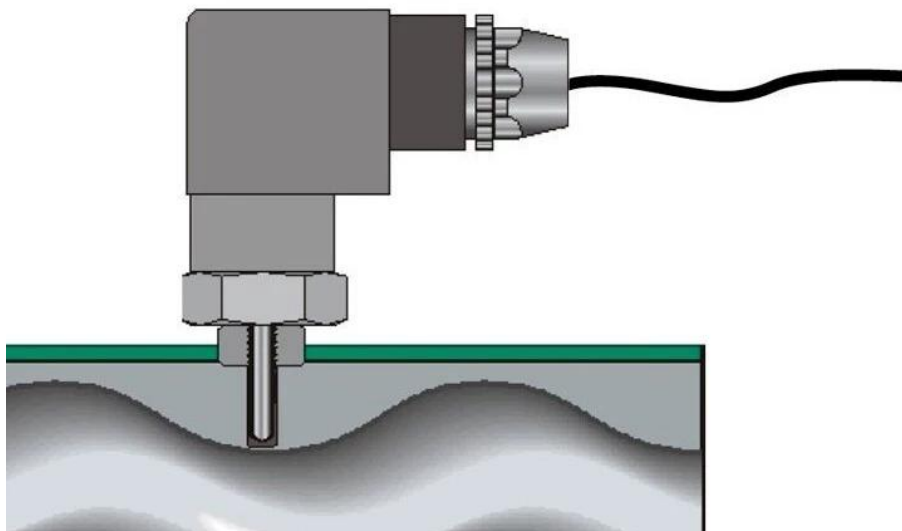
3.4 Montagem do protótipo

A montagem do protótipo foi executada através dos componentes descritos, o qual será montado um sistema em miniatura, onde simulará todo o funcionamento conforme o funcionamento da planta visitada. Assim será possível chegar à conclusão necessária.

A válvula tripartida será acoplada a tubulação de saída do tanque de moagem, a qual serão utilizadas o mesmo modelo de conexão, o qual não será necessária qualquer modificação em tubulações ou conexões.

Sensor de temperatura modelo PT100 será acoplado acima do estator da bomba Netzsch NM3101L, será aberto a cavidade com uma broca 8mm e feito rosca com a ferramenta macho manual, também de 8mm, que é a rosca existente na superfície do sensor. Assim evitará que o mesmo se desprenda e garanta a funcionalidade conforme a figura abaixo.

Figura 20 - Sensor de temperatura



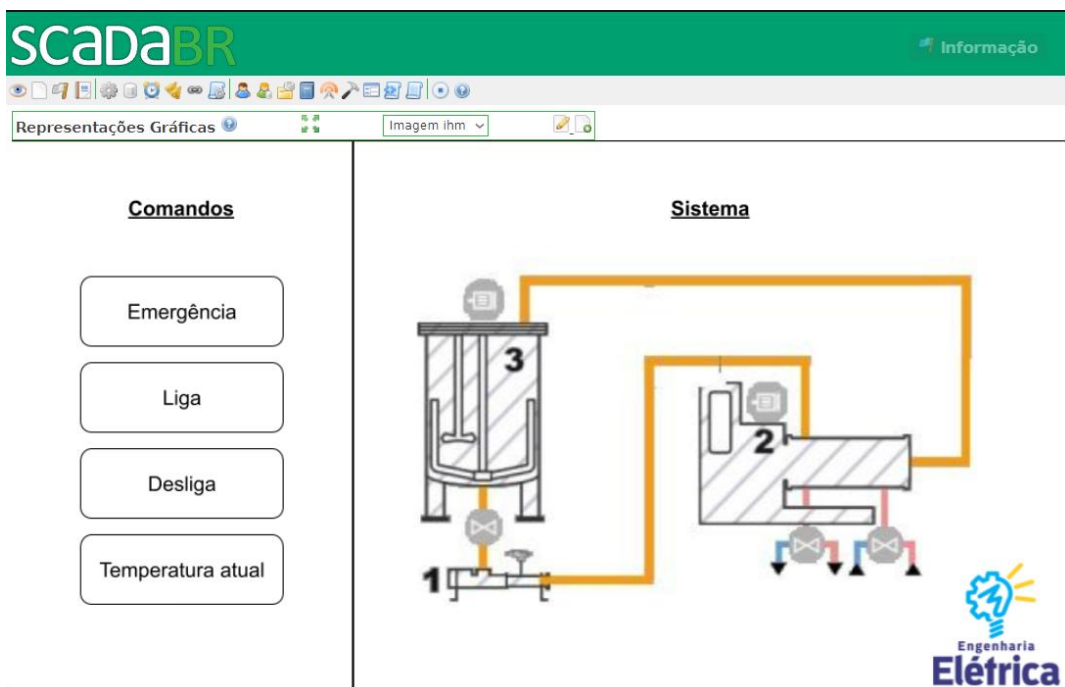
Fonte: Acessórios e dispositivos Netzsch, (2023)

3.5 Aplicação SCADABR

Para realização do monitoramento será utilizado o software ScadaBR, o qual é gratuito e de fácil acesso, software no site do fornecedor para instalação.

Depois de realizar a configuração, é apresentado o software, o qual é feito através do navegador, já na tela de início temos acesso a todas as opções de configurações como podemos ver na Figura 21.

Figura 21 - ScadaBR



Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão abordados os resultados obtidos neste trabalho, a partir dos procedimentos metodológicos adotados. Primeiramente o trabalho se desenvolveu através de simulações no software ao qual será possível visualização do funcionamento.

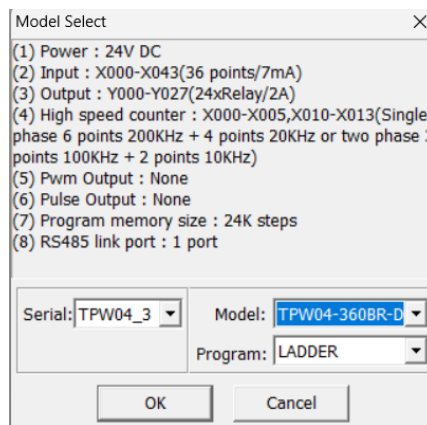
4.1 Simulação no software TPW-PCCLICK

Conforme apresentado anteriormente, o software utilizado para a programação do CLP foi o TPW04-360BR-D, que se encontra de forma gratuita no site do fabricante, contendo o drive de instalação dele e o manual com os procedimentos a serem seguidos.

4.1.1 Início do Projeto

Iniciando o software, foi criado um projeto, na Figura 22 é possível observar que o software está em inglês, o que no início tornou o trabalho dificultoso, mas no decorrer da programação foram encontradas as configurações e componentes necessários para desenvolvimento da lógica. Foi definida a série do CLP e modelo utilizado, isso evita problemas de compatibilidade.

Figura 22 – Configuração de software



Fonte: Autoria própria

4.1.2 Acionamento principal

O acionamento será dado a partir de uma botoeira, a qual dará início ao sistema, conforme a Figura 23.

Figura 23 – Acionamento principal



Fonte: Autoria própria

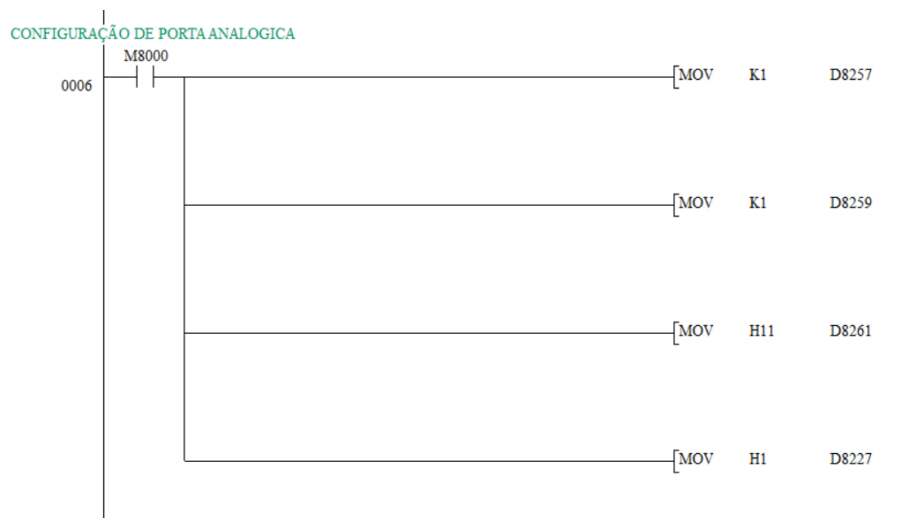
Após ligar a botoeira X0 ela irá SET a memória M1, a qual ligará a bomba Y001 e a válvula Y002.

Já a botoeira X002 irá acionar a saída Y0, que por consequência desligará todo o sistema.

4.1.3 Configuração das portas digitais

Para a utilização da expansão Analógica WEG TPW04-3MA é necessário a ativação por meio da programação do sistema, conforme informado na Figura 24.

Figura 24 – Programação das portas digitais

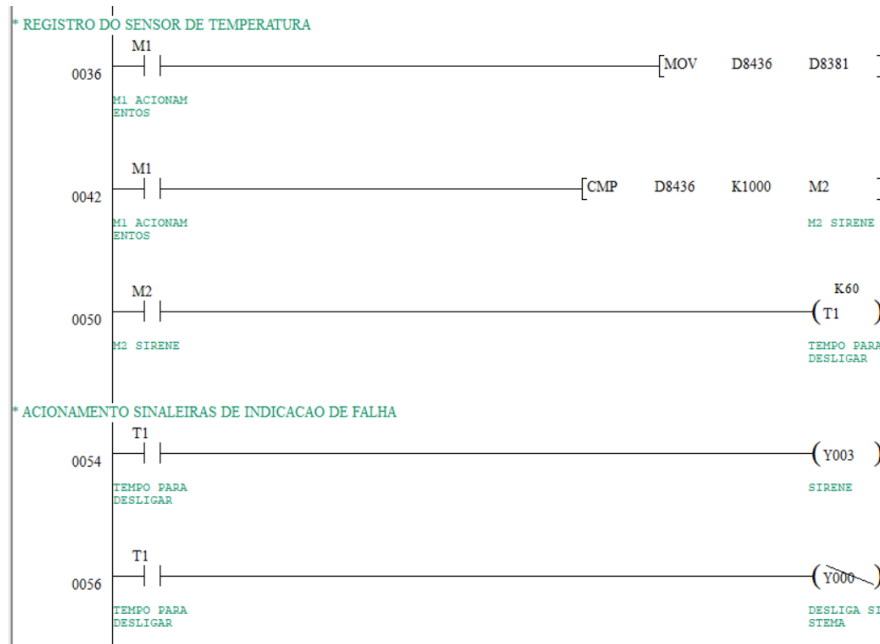


Fonte: Autoria própria

4.1.4 Controle de temperatura

Para o controle de temperatura, como podemos verificar na figura 25, será baseado na memória M1, pois quando ativa será possível a verificação de temperatura do sistema, utilizando o comando MOV da memória D8436 para a D8381 podemos converter o sinal para que o software consiga verificar o nível de tensão na porta analógica, já com o comando CMP podemos tomar uma ação em cima do registro anterior, nesse caso quando a temperatura passar da estipulada, será mandado um pulso para M2 o qual ativará um contador e a sirene, caso permaneça na temperatura superior ao longo do tempo setado no temporizador T1, será desligado todo o sistema através da saída Y0.

Figura 25 – Programação para controle de temperatura

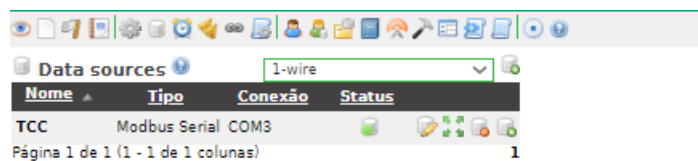


Fonte: Autoria própria

4.2 Testes do ScadaBR

A primeira etapa fica a cargo da criação dos *data sources* e *data points*, como pode ser visualizado na Figura 26 e 27, para o *data sources* é preciso adicionar nome, tipo e conexão, sendo ela feita em *modbus* serial.

Figura 26 - Data sources



Fonte: Autoria própria

Já o *Data Points* é necessário fazer a configuração dos valores do *offset* das portas para conexão com o CLP, essa parte é crucial para o funcionamento do projeto.

Figura 27 - Data points

The screenshot displays the ScadaBR software interface with the following sections:

- Alarmes vigentes:** Não existem alarmes ativos para este data source.
- Propriedades do Modbus serial:**
 - Nome: TCC
 - Export ID (XID): DS_708624
 - Período de atualização: 5 (minutos)
 - Quantização: []
 - Timeout (ms): 500
 - Retentativas: 2
 - Apenas quantidades contíguas: []
 - Criar pontos de monitor de escravo: []
 - Máxima contagem de leitura de bits: 2000
 - Máxima contagem de leitura de registradores: 125
 - Máxima contagem de escrita de registradores: 120
 - Porta: COM3
 - Baud rate: 19200
 - Controle de fluxo de entrada: Nenhum
 - Controle de fluxo de saída: Nenhum
 - Data bits: 8
 - Stop bits: 2
 - Paridade: Nenhuma
 - Codificação: RTU
 - Echo: Desligado
 - Simultaneidade: Função
- Pesquisa de nós modbus:**
 - Botões: Pesquisar por nós, Cancelar
 - Lista: Nós encontrados
- Leitura de dados Modbus:**
 - Id do escravo: 1
 - Faixa do registro: Bobina (Coil Status)
 - Offset (baseado em 0): 0
 - Número de registradores: 100
 - Botão: Ler dados
- Teste de localizador de ponto:**
 - Id do escravo: 1
 - Faixa do registro: Bobina (Coil Status)
 - Tipo de dados modbus: Binário
 - Offset (baseado em 0): 0
 - Bit: 0
 - Número de registradores: 0
 - Codificação de caracteres: ASCII
 - Botões: Ler, Adicionar ponto
- Níveis de alarme de eventos:**
 - Exceção de data source: Nenhum alarme
 - Exceção de leitura de data point: Nenhum alarme
 - Exceção de escrita em data point: Nenhum alarme
- Data points table:**

| Nome | Tipo de dado | Status | Escravo | Faixa | Offset (baseado em 0) |
|-----------------------|--------------|--------|---------|---------------------------------|-----------------------|
| D8436 - SENSOR TEMP | Binário | | 1 | Registrador holding | 6714/0 |
| MEMORIA 1 | Binário | | 1 | Bobina (Coil Status) | 513 |
| T1 - TEMPORIZADOR | Binário | | 1 | Bobina (Coil Status) | 3073 |
| X0 - LIGA MOAGEM | Binário | | 1 | Entrada Discreta (Input Status) | 0 |
| X1 - DESLIGA MOAGEM | Binário | | 1 | Entrada Discreta (Input Status) | 1 |
| Y1 - BOMBA | Binário | | 1 | Bobina (Coil Status) | 257 |
| Y3 - SIRENE-LED-FALHA | Binário | | 1 | Bobina (Coil Status) | 259 |

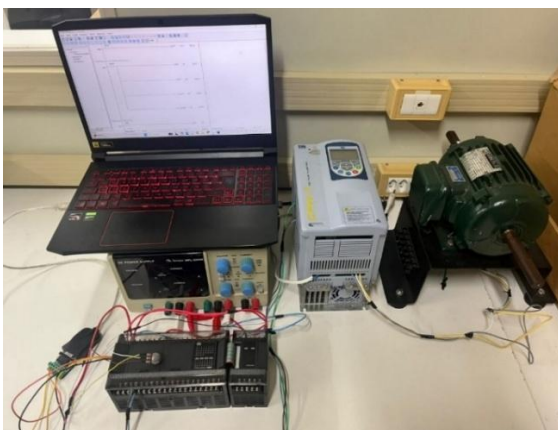
Fonte: Autoria própria

Com isso realizado foi preciso criar os botões virtuais para que seja possível acionar o sistema via software ScadaBR.

4.3 Teste em bancada e comunicação entre os dispositivos

Para execução de teste da automação foi fundamental a montagem de uma bancada em laboratório conforme a Figura 28, de início foi necessário encontrar materiais aos quais podem ser usados para simular o sistema já em operação. Foram utilizados a fonte, inversor de frequência CFW11, motor trifásico e um potenciômetro o qual simulará o sensor de temperatura conforme a figura tal.

Figura 28 - Montagem do protótipo



Fonte: Autoria própria

Seguindo, foram realizados testes. Além disso, foi possível monitorar por meio dos softwares o comportamento das variáveis em tempo real e compará-las com as entradas e saídas. Nessa etapa também foi realizada a comunicação entre os dispositivos, os testes com o potenciômetro, as configurações das entradas e saídas analógicas do controlador lógico programável e a parametrização do inversor de frequência.

4.3.1 – Configuração do inversor de frequência

Primeiramente foi necessário fazer o zeramento de todas as configurações do inversor de frequência, inversor descrito conforme a Figura 29, seguido pelo início da configuração pela função de configuração guiada, onde são configuradas as portas de entrada para acionamento do motor pelas portas do CLP.

Figura 29 - Inversor de frequência



Fonte: Autoria própria

4.3.2 - Configuração da porta RS485

Para a conexão entre o CLP e o notebook foi preciso a configuração do adaptador da porta RS485, o qual é feita a transferência de dados entre os periféricos, com isso podemos ter uma conexão segura, sem maiores problemas, os drives para essa porta são encontrados facilmente em sites da internet.

4.3.3 – Ligação do motor 220V

Para simular a bomba Netzsch foi utilizado um motor 220V disponibilizado pela Uri, esse motor simula o funcionamento da bomba perfeitamente, sendo muito similar aos utilizados na aplicação industrial conforme a Figura 30.

Figura 30 - Motor trifásico



Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

Tendo como propósito diminuir o custo de operação devido a problemas operacionais e processos esse trabalho propõem o desenvolvimento de um protótipo que contemple mais segurança para todo o sistema.

O trabalho realizado serviu para entender o processo e funcionamento dos equipamentos, tendo assim como mapear pontos específico onde cabem um novo sistema para controle. Também foi possível embasar-se sobre a programação Ladder e suas funcionalidades, por meio do software TPW-PCLINK e do controlador lógico programável TPW04-360BR-D. Além disso foi possível também o entendimento sobre a configuração das portas analógicas da expansão TPW04-3MA acoplada ao CLP

A automação mostrou capacidade de trabalhar com diversos produtos diferentes. Tendo em vista que o sistema não necessariamente precisa ser utilizado para bombeamento de chocolate. Já que ao ultrapassar determinada temperatura o sistema sessa, com isso, assim sendo eficiente para outros sistemas que utilizem a variável temperatura como bloqueio.

A economia que trará esse sistema é o ponto que mais chama a atenção, tendo em vista que os problemas citados (quebra de equipamento e erro operacional) sempre podem ocorrer e o custo de manutenção é alto, portanto, o retorno da implementação é tido como certo.

5.1 Sugestão para continuação do trabalho

Sempre que se propõe um sistema de automação, é comum surgirem novas ideias para melhorar suas condições de operação. Muitas dessas sugestões não são implementadas, pois não estão diretamente relacionadas à função principal para a qual a automação foi projetada. No entanto, elas podem oferecer benefícios significativos, contribuindo para aumentar a eficiência e o desempenho do sistema. A seguir, são apresentadas algumas dessas propostas, que poderiam ser integradas à automação, mas que não foram incluídas por estarem fora do escopo principal do projeto:

Sensor de pressão: Pode ser acoplado na saída da bomba, antes da válvula, caso algum objeto venha a trancar o sistema ele pode ajudar a evitar que o estrago seja maior, pois atuará em conjunto ao sensor de temperatura.

Sensor de temperatura: Inserir sensores de temperatura em outros pontos pode ajudar a ter um melhor controle, essa melhoria seria útil para evitar com que o sistema seja burlado pelos operadores, com mais controles acaba sendo mais complexo o que o sistema venha a ter uma falha decorrente desse problema.

Sistema supervisorio: Sistema supervisorio ainda é necessário avanços, como conexão estável e otimização para um funcionamento mais fluido. Hoje existe um grande atraso no carregamento de dados que dificulta o funcionamento. Assim a ligação da automação em um sistema supervisorio com banco de dados, pode auxiliar no processo, adquirindo a possibilidade do acompanhamento das atividades do processo operacional direto sem a presença física do supervisor ao lado da máquina.

REFERÊNCIAS

- ACESSÓRIOS** e Dispositivos Adicionais. 2023. Disponível em: <https://pumps-systems.netzsch.com/pt-BR/produtos-and-acessorios/acessorios-e-dispositivos-adicionais/acessorios-e-dispositivos-adicionais>. Acesso em: 28 jun. 2024.
- ALURA**. Automação Industrial: Tudo que você precisa saber. Disponível em: <https://www.alura.com.br/empresas/artigos/automacao-industrial>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. ABNT NBR 16818:2020 - Ensaio não destrutivo — Termografia infravermelha — Procedimento para aplicações do método da termografia infravermelha. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12551/abnt-nbr16818-ensaios-nao-destrutivos-termografia-infravermelha-procedimento-para-aplicacoes-do-metodo-da-termografia-infravermelha>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- RODRIGUES, Ana Cristina**. **Boas práticas para desenvolvimento de aplicações SCADA**. ISA São Paulo Section. Disponível em: https://isasp.org.br/wp-content/uploads/2020/01/ISA_boas-praticas_SCADAPIMS-2017.pdf. Acesso em: 21 nov. 2024.
- BALBINOT, A. BRUSAMARELLO, V. J.** **Instrumentação e Fundamentos de Medidas - Vol. 2**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 08/2011.
- BRASILEIRO, Eduardo T.** **Quarta Revolução Industrial e Direito do Trabalho**. São Paulo: Grupo Almedina (Portugal), 2022.
- CHECKBITS**. O Que É Automação Industrial: O Que Faz e Para Que Serve?. Disponível em: <https://checkbits.com.br/o-que-e-automacao-industrial/>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- CSA** Automação. Unidade de Expansão Analógica WEG TPW04-3MA. Disponível em: <https://csaautomacao.com.br/store/unidade-de-expans-o-analogica-weg-tpw04-3ma.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- COMANDOS ELÉTRICOS**. Apostila de Comandos Elétricos. Disponível em: https://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/eletricidade_eletronica/1/Apostila_comandos_Eletricos.pdf. Acesso em: 21 nov. 2024.
- ENGELOGIC**. **Sensores de Temperatura**. Disponível em: <https://www.engellogic.com.br/download/sensores-temperatura.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- FRANCHI, C. M.; DE CAMARGO, V. L. A.** **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.
- GEORGINI, M.** **Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. 6 Ed. Editora Érica.
- INETEC**. **Linguagem Ladder para CLP's: Introdução**. Disponível em: <https://inetec.com.br/linguagem-ladder-para-clps-introducao/>. Acesso em: 27 nov. 2024.

MATTEDE, Henrique. **MUNDO DA ELÉTRICA**. Sensor de temperatura: Tipos e funcionamento. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/sensor-de-temperatura-tipos-funcionamento/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MORAES, C., CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**, 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NATALE F., **Automação Industrial**. 10ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2008.

O. LEANDRO S., A. P. A. L. K.; G., K. **Geração automática de testes de conformidade para programas de controladores lógicos programáveis**. XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010.

PETROBRAS. Projetos em Geral – **Válvulas de controle e ON-OFF**. Revisão J, 2010.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial PLC - Teoria e Aplicações** - Curso Básico, 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RIBEIRO, Marcos Antônio. **Instrumentação**. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda Salvador, 2002.

RIBEIRO, Osni M. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

RODRIGUES, D.L.V. **Ruído Aerodinâmico em Válvulas de Controle**. In Tec. São Paulo, n. 144, p. 51-56, 2012.

SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2002.

TERMOPAR. Disponível em: <<https://catalogo.salvicasagrande.com.br/wiki-duvidas/tudo-sobre-termopar>>. Acesso em: 13 de jun. 2024.

TEMPERATURA. Princípio de Funcionamento do Pt100 Termoresistência. Disponível em: <https://www.temperatura.com.br/principio-funcionamento-termoresistencia/>. Acesso em: 21 nov. 2024

THOMAZINI, Daniel; DE ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. Saraiva Educação SA, 2020.

TOTVS. Automação industrial: o guia completo. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/automacao-industrial/>. Acesso em: 21 nov. 2024.

WEG. **Botões, Comutadores e Sinaleiros**. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/NZ/pt/c/Botões-Comutadores-Sinaleiros/p/MKT_WDC_GLOBAL_PUSH_BUTTON_SELECTOR_SWITCH_PILOT_LIGHT. Acesso em: 13 jun. 2024.

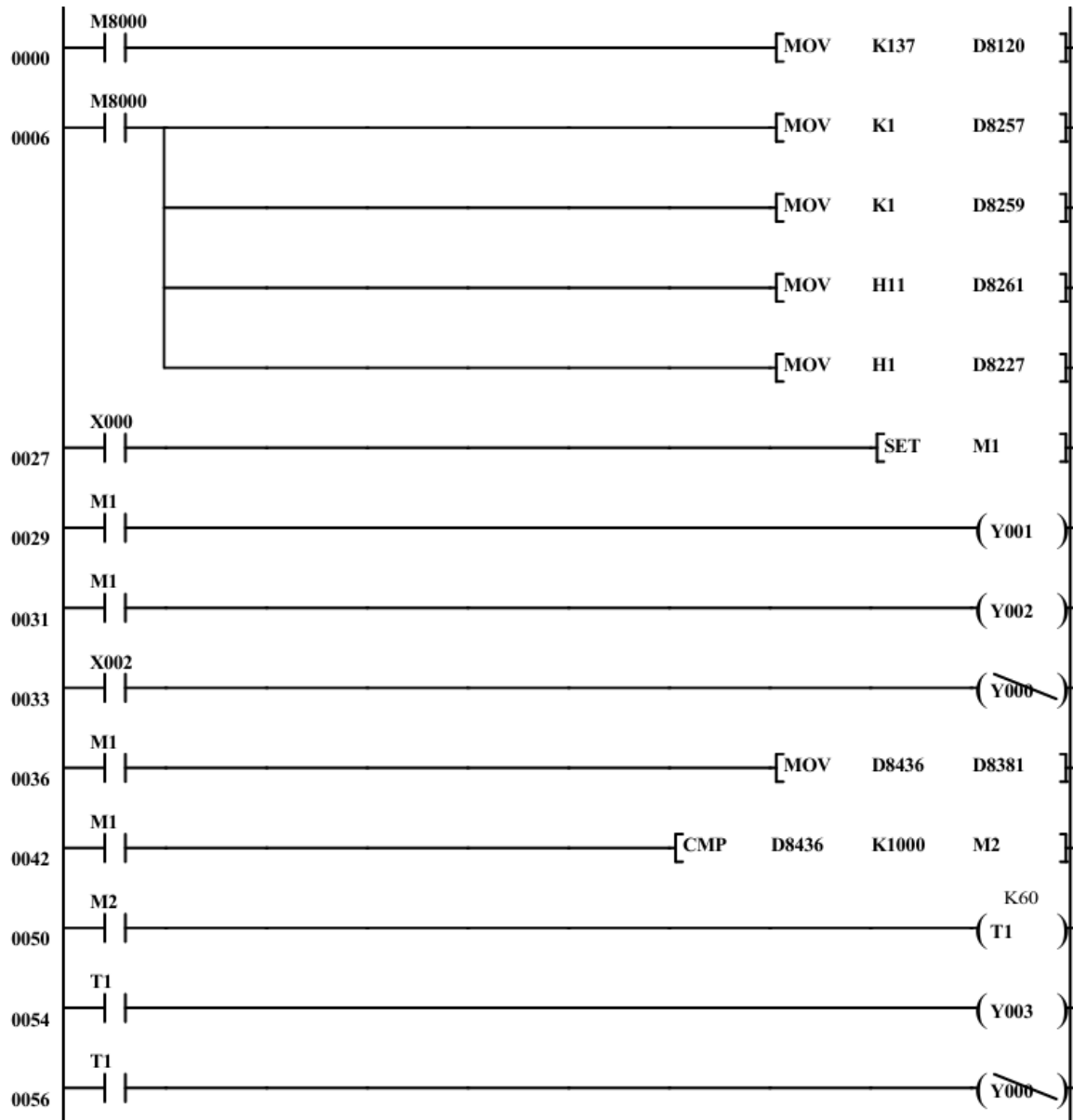
WEG. **Controlador Lógico Programável TPW04**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automação-e-Controlde-Industrial/Controlde-Processos/Controladores-Lógicos-Programáveis/Controlador-Lógico-Programável->

TPW04/Controlador-Lógico-Programável-TPW04/p/MKT_WDC_BRAZIL_PLC_TPW04.
Acesso em: 13 jun. 2024.

WEG. Controlador Lógico Programável TPW04: Manual do Usuário. Disponível em:
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h14/h65/WEG-controlador-logico-programavel-tpw04-manual-do-usuario-10003853210-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

APÊNDICE A – Programação em ladder

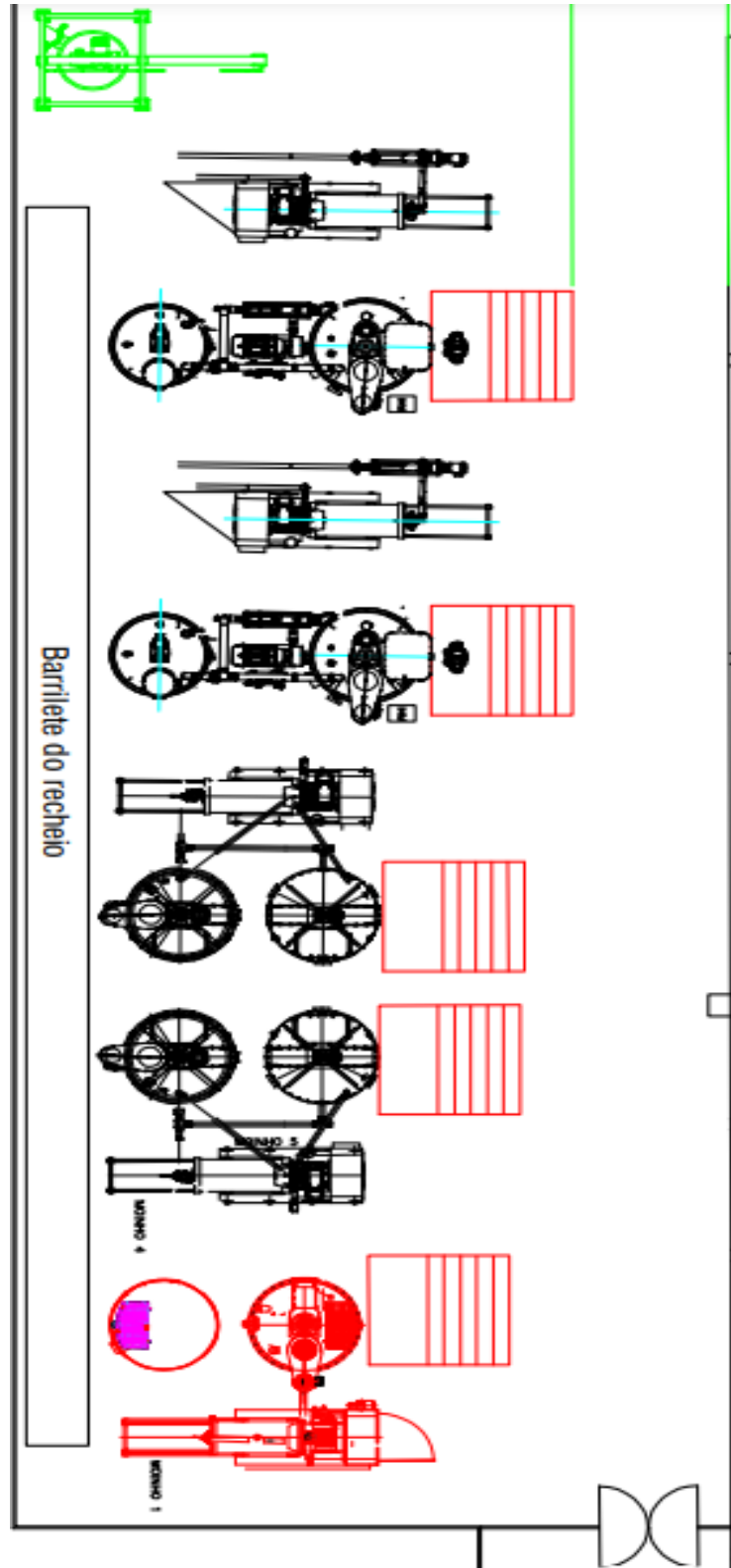
Figura 31 - Programação em ladder



Fonte: Autoria própria

ANEXO A – Layout da fábrica

Figura 32 - Layout da fábrica



Fonte: Autoria própria