

PROJETO DE PAINEL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL PARA TESTES DE INSTRUMENTOS DE CONTROLE

Ícaro Manassés Siqueira (FHO - Uniararas) icaro.siqueira@alunos.fho.edu.br

Daniel Augusto Pagi Ferreira (FHO - Uniararas) danielferreira@fho.edu.br

Resumo

A crescente demanda por maior precisão e confiabilidade nos processos produtivos exige a implementação de sistemas de automação cada vez mais robustos e eficientes. A interrupção e a validação periódica dos instrumentos de controle tornam-se cruciais para garantir a qualidade dos produtos e a otimização dos processos. O presente projeto propõe o desenvolvimento de um painel de automação industrial, com o objetivo de melhorar os processos de validação e limitações de instrumentos de controle em diversos segmentos industriais. O projeto é composto por dois Controladores Lógicos Programáveis (CLP), responsáveis por gerenciar as diversas entradas e saídas do sistema, além de permitir a configuração de periféricos e programação a serem realizadas, monitorar os instrumentos e avaliar os resultados em tempo real através de medições com equipamentos certificados. O painel é capaz de simular diferentes sinais de entrada para os instrumentos de controle, permitindo a identificação de possíveis desvios e a necessidade de ajustes. Espera-se que o sistema de automação desenvolvido neste trabalho contribua para a melhoria da qualidade dos processos industriais, reduzindo o tempo e os custos associados à falha e validação de instrumentos de controle.

Palavras-Chaves: (Automação Industrial, Validação de Instrumentos, Processos Industriais)

1. Introdução

Segundo Franchi e Camargo (2009), em um ambiente industrial que apresenta a interação humana como parte da contribuição para a produção pode haver falhas de operação, ocasionando erros de dados coletados das variáveis de processo como, por exemplo, temperatura, pressão, nível, vazão, corrente ou tensão elétrica. Essas falhas causam prejuízos que, muitas vezes, tornam a operação muito cara e desvantajosa para a indústria, refletindo descontrole da planta e apresentando um produto de má qualidade.

A automação proporciona, de forma prática e com fácil operação, aplicações que envolvem a ação humana por meio da Interface Homem Máquina (IHM), CLP e de instrumentos de campo, sendo todos interligados por protocolos de comunicação como Ethernet, Devicenet, entre outros. Assim, os dispositivos trocam dados das diversas variáveis de processo e os apresentam para os usuários.

Nesse sentido, é proposto um painel de testes para automação em bancada que tem como objetivo diminuir os impactos ao processo e reduzir os índices de acidentes ocasionados pela manutenção com as máquinas em operação, que convivem em um cenário de conexão

imediate de ambiente, máquina e ser humano. A redução do tempo em uma parada de planta é crucial para a produção da empresa e quando se tem um instrumento que já foi colocado em testes e aprovado para a troca, as chances de a máquina voltar ao seu trabalho é quase certa.

Em painéis elétricos deve sempre haver dispositivos de proteção como disjuntores, dispositivo de proteção contra surtos elétricos (DPS), diferencial residual (DR), que consegue detectar pequena fuga de corrente elétrica nos circuitos elétricos onde houver falhas. Ademais, todo painel elétrico deve ser projetado e construído conforme as normas técnicas aplicáveis, como a ABNT NBR 5410 (2004), e não devem gerar riscos às pessoas e animais, bem como a conservação dos bens, conforme a NR 10, que foca na saúde dos trabalhadores que atuam em serviços com eletricidade. Ao se atentar em seguir as normas vigentes, aumenta-se consideravelmente a segurança, pois impede risco de acidentes elétricos e danos ao patrimônio, preservando a integridade das pessoas que compõem todo o cenário. A montagem do painel de automação deve ser feita conforme o projeto apresentado por um layout, com o diagrama elétrico que garanta sua funcionalidade e a segurança dos usuários.

O presente trabalho tem como objetivo central o desenvolvimento de um painel de automação industrial destinado à validação e testes de instrumentos de controle utilizados em processos industriais. A proposta visa a criação de uma bancada didática e funcional, que permita a análise prática de dispositivos empregados em malhas de controle e automação, tais como transmissores de pressão, temperatura, controladores lógicos programáveis (CLPs), inversores de frequência, entre outros. Por meio dessa estrutura, o objetivo é oferecer uma ferramenta versátil para testes de conformidade, calibração e verificação do desempenho de instrumentos, assegurando sua correta operação antes da instalação em campo.

Além da aplicação prática para testes, o painel também se configura como um recurso pedagógico de grande relevância no contexto da formação de profissionais da área de automação. Um dos objetivos específicos do trabalho é possibilitar o ensino e o aperfeiçoamento técnico de alunos e novos profissionais, por meio da prática supervisionada de programação em linguagem Ladder que é amplamente utilizada em CLPs industriais, bem como a parametrização de equipamentos de campo, alinhando teoria e prática de forma eficaz.

O projeto visa ainda promover a integração entre os conhecimentos teóricos e aplicados, fomentando competências relacionadas à instrumentação, controle de processos e arquitetura de sistemas automatizados. Com isso, esperando que não apenas garantir a eficiência e

confiabilidade dos sistemas testados, mas também contribuir de forma significativa para a formação técnica e científica de profissionais

2. Revisão bibliográfica

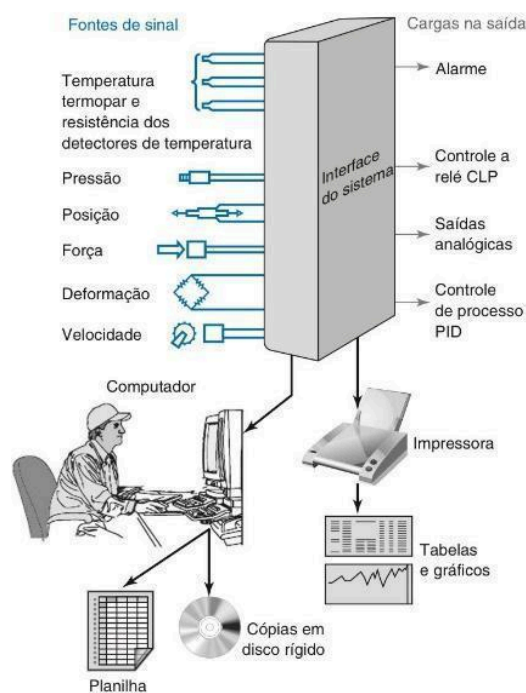
Os processos industriais são formados por equipamentos mecânicos, elétricos, eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos que, através de sucessivas operações utilizando matéria-prima e energia, resultará num produto final e resíduos. Dessa forma, os controladores programáveis são vastamente empregados no controle lógico de processos, gerenciando as variáveis de entrada e, através de um programa, definindo ações de controle e operação do processo, (Zancam, 2011, p.15).

Antigamente, era muito comum o uso de acionamentos por painéis eletromecânicos, que são constituídos de relés eletromecânicos, contadores, temporizadores, etc, os quais, associando seus contatos abertos e fechados, permitiam implementar lógicas de funcionamento, chamada lógica de relés. A lógica de relés ainda é utilizada atualmente, porém em circuitos de baixíssima complexidade, em que não há necessidade de alterações na lógica de funcionamento, (Zancam, 2011, p.15). Os sistemas supervisórios tiveram seu início em meados das décadas de 70 e 80. Naquela época, os computadores ainda possuíam pouco poder operacional e apresentavam alto custo de implementação, com passar do tempo e com a evolução dos computadores, eles tiveram um aumento considerável de produção e os preços começaram a reduzir. Foi então que surgiram, de fato, os primeiros softwares SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ou os chamados sistemas supervisórios. Em 1992, a evolução dos sistemas supervisórios atingiu uma rápida ascendência e mais de 120 diferentes fornecedores já estavam disputando o mercado que ainda era recente.

Petruszella (2004) comenta em seu livro que em um sistema SCADA, independentemente do desempenho das funções de controle do módulo de E/S dos CLPs sobre os dispositivos de campo enquanto são supervisionados por um pacote de programa (software) SCADA/HMI rodando em um computador hospedeiro (host), operadores de controle de processo monitoram a operação do CLP no host e enviam os comandos de controle para os CLPs, se necessário. A grande vantagem de um sistema SCADA é que os dados são armazenados automaticamente de uma maneira que a qualquer momento o usuário pode-se verificar os dados novamente daquela variável observada.

Petruzella (2004) ressalta que a coleção de dados é simplificada pelo uso de um sistema SCADA. A troca de dados em um chão de fábrica (planta) com um computador de supervisão permite o registro de dados, uma mostra dos dados, tendências, baixas (download) de receitas, ajustes de parâmetros selecionados e avaliação de produção de dados em geral. O supervisor adicional controla as capacidades e permite o ajuste de processos com precisão, para a eficiência máxima.

Figura 1 – Supervisor de controle e aquisição de dados (SCADA)



Fonte: Petruzella, 2014

A revisão bibliográfica deste trabalho aborda temas como automação industrial, instrumentação industrial, sistema supervisor, painéis de controle e sobre a facilidade de qualificar novos ingressantes na área de instrumentação, na parte mais importante do painel de automação industrial para testes de instrumentos de controle, na qual se trata na validação de instrumentos industriais e aplicações de testes em bancada através do controlador instalado no painel, pois ele é o responsável por grande parte do gerenciamento dos dispositivos de campo que estão enviando informações para a sala de controle.

2.1. Controlador Lógico Programável

Conforme Ribeiro (1999), a automação está intimamente ligada à instrumentação. Historicamente, o primeiro termo usado foi o de controle automático de processo. Foram usados instrumentos com as funções de medir, transmitir, comparar e atuar no processo, para se conseguir um produto desejado com pequena ou nenhuma ajuda humana. Isto é controle automático

Os CLP, segundo Petruzella (2014), são a tecnologia de controle de processos industriais mais amplamente utilizada atualmente. Um CLP é um computador industrial que pode ser programado para executar diversas funções de controle e foi responsável pela redução drástica da fiação associada aos circuitos de controles convencionais a relé, além de apresentar outros benefícios, como a facilidade de programação/instalação, controle de alta velocidade, compatibilidade de rede, verificação de defeitos e conveniência de teste e alta confiabilidade.

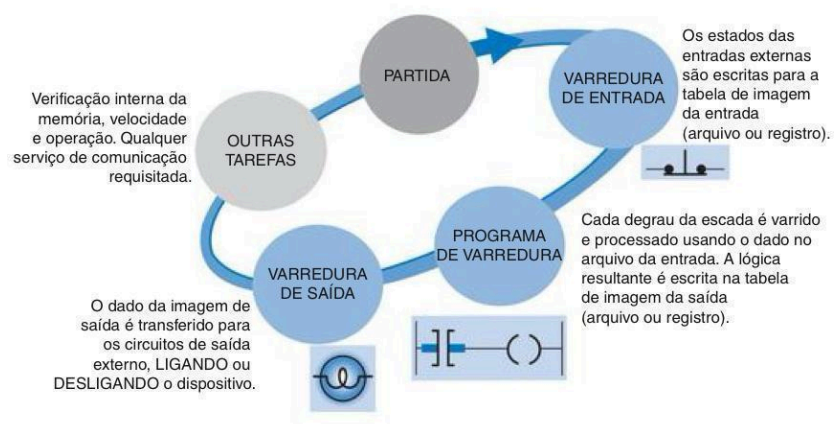
Como afirma Petruzella (2004) o termo linguagem de programação do CLP refere-se ao método pelo qual o usuário comunica a informação ao CLP. O padrão IEC 61131 foi estabelecido para programação de CLP pela definição das cinco seguintes linguagens-padrão.

- **Diagrama Ladder (LD)** - Uma representação gráfica de um processo com degraus lógicos similares aos esquemas com lógica a relé que são submetidos pelos CLPs.
- **Diagrama de Blocos de Função (FBD)** - Uma representação gráfica de fluxo de processos que utiliza Inter- conexão de blocos simples e complexos.
- **Mapa de Função Sequencial (SFC)** – Uma representação gráfica de passos, ações e transições interconectadas.
- **Lista de Instruções (IL)** – Uma linguagem baseada em texto, de baixo nível, que utiliza instruções mnemônicas.
- **Texto Estruturado (ST)** – Uma linguagem baseada em texto, de alto nível, como BASIC, C ou PASCAL, desenvolvida especificamente para aplicações de controle industrial.

Diante disso, Arilo (2015) diz que o processo de desenvolvimento de software é realizado em várias etapas, sendo a de testes uma das mais importantes pois procura revelar falhas no sistema para que possam ser corrigidas pela equipe de desenvolvimento antes que o projeto entre em produção. Quando um CLP executa um programa, ele detecta em tempo real quando

um processo que está controlando um dispositivo externo. Durante cada ciclo de operação, o processador faz a varredura de todas as entradas, monitora os valores obtidos e energiza ou desenergiza as saídas de acordo com o programa do usuário, processo conhecido como ciclo de varredura do programa. A Figura 2 ilustra um ciclo de operação de um CLP simples, que consiste em varredura de entrada, varredura do programa, varredura de saída e outras tarefas. Pelo fato de uma entrada poder mudar a qualquer momento, ele repete esse ciclo constantemente enquanto o CLP estiver no modo de funcionamento (RUN).

Figura 2 – Ciclo de varredura de um programa do CLP



Fonte: Petruzella, 2014

De acordo com Silva e Dallilo (2019), o defeito é algo que pode ocorrer no código ou na base de programação que o software foi elaborado, sendo assim, desenvolvido de maneira errada por falta de entendimento ou devido às informações duvidosas, ou por utilizar um método ou uma ferramenta incorretamente. O erro pode ser a consequência do defeito. Um dos benefícios quando se refere a automação é a otimização do tempo dos testes de software em desenvolvimento, tornando-o mais rápido e efetivo.

Segundo Cardeal e Parreira (2015), o testador poderá dar feedbacks mais rápidos à equipe de desenvolvimento quando existir um erro em potencial, reduzindo assim o custo do projeto e melhorando a produtividade.

2.2. Sensores

Qualquer sensor é um conversor de energia, pois independentemente da variável que será medida, sempre acarretará na transferência de energia entre a variável medida e o sensor. Desta forma o processo de sensoriamento possui um evento particular de transmissão de informação, com a transferência de energia (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010).

Em toda aplicação de sistema de controle, sensores e atuadores são, na grande maioria dos casos, os componentes mais críticos que determinam o desempenho do sistema como um todo. Sendo ainda mais críticos em aplicações de sistemas de controles veiculares (RIBBENS, 2017). Na prática, sensores de proximidade, sensores magnéticos, sensores de rotação (pick-up) e transmissores analógicos (4-20 mA) são amplamente utilizados para monitorar variáveis em painéis de automação industrial.

3. Materiais e métodos

Segundo Gil (2010), há muitas razões que determinam a realização de uma pesquisa. Podem, no entanto, ser classificadas em dois grandes grupos: razões de ordem intelectual e razões de ordem prática. As primeiras decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer. As últimas decorrem do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz.

A abordagem metodológica utilizada foi a de pesquisa bibliográfica e documental de dissertações, livros e normas técnicas sobre automação industrial, controle de processos e instrumentação, além de catálogos de fabricantes para obtenção de informações particulares dos equipamentos utilizados em um painel de automação industrial.

4. Resultados

Os resultados obtidos neste trabalho têm como objetivo apresentar os fundamentos teóricos e conceituais que embasam o projeto de um painel de automação industrial. Sendo que o mais importante dos objetivos é o método de ensino que na maioria das empresas não existe um painel para fazer a disseminação de conhecimento, pois a planta está em funcionamento e há o risco de parar o processo por falhas do usuário ou por parametrização do instrumento que está em funcionamento.

Figura 3 – Projeto de leitura do sensor magnético



Fonte: Autor

4.1. Automação

A automação industrial consiste na aplicação de tecnologias para controlar e monitorar processos industriais, aumentando a eficiência, produtividade e a qualidade dos produtos. A automação envolve a utilização de diversos componentes, como sensores, atuadores, CLP e sistemas supervisórios. O painel de automação contempla grande parte das situações presentes em uma indústria alcooleira, tais como o uso de inversores de frequência, com o acionamento via supervisório ou no modo local por meio de botões. A figura 4 demonstra a lógica de programação feita para acionar o motor que faz parte do painel via modo local (uso de botões) ou no modo remoto (supervisório). No modo local, o inversor CFW-09 é acionado diretamente por botões conectados às suas entradas digitais. Os botões de liga (start), desliga (stop) e, opcionalmente, reversão de sentido de giro, são ligados aos terminais do inversor conforme configurado nos parâmetros. Cada entrada digital pode ser programada para uma função específica. A velocidade do motor pode ser ajustada por potenciômetro (entrada analógica) ou setpoint fixo, conforme parametrização.

No modo remoto, o controle é feito por um CLP configurado pelo supervisório via comunicação industrial DeviceNet. Nesse modo, os comandos de start/stop, setpoint de velocidade, leitura de status, e outras funções são enviados por mensagens digitais através da rede, dispensando o uso dos botões físicos. A parametrização adequada do protocolo e endereçamento do nó na rede são essenciais para a comunicação correta.

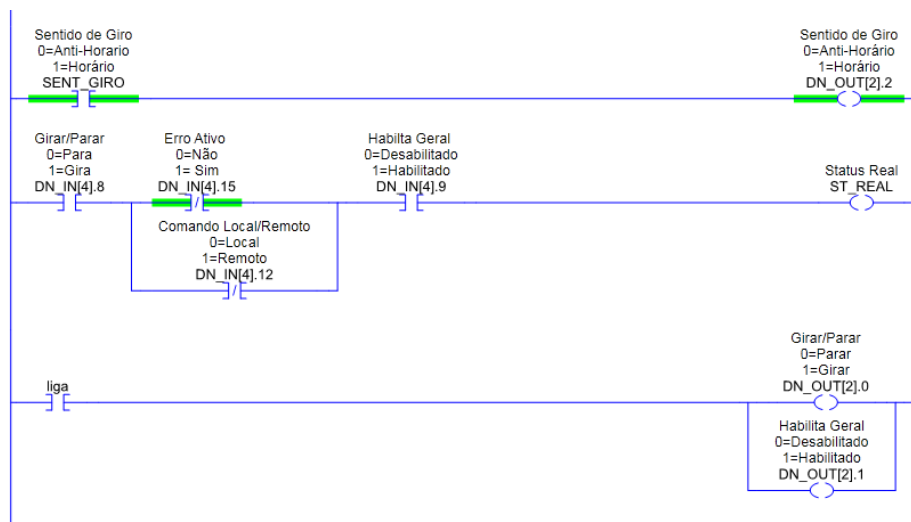
Figura 4 – Programação de acionamento do Inversor CFW 09 (da WEG)



Fonte: Autor

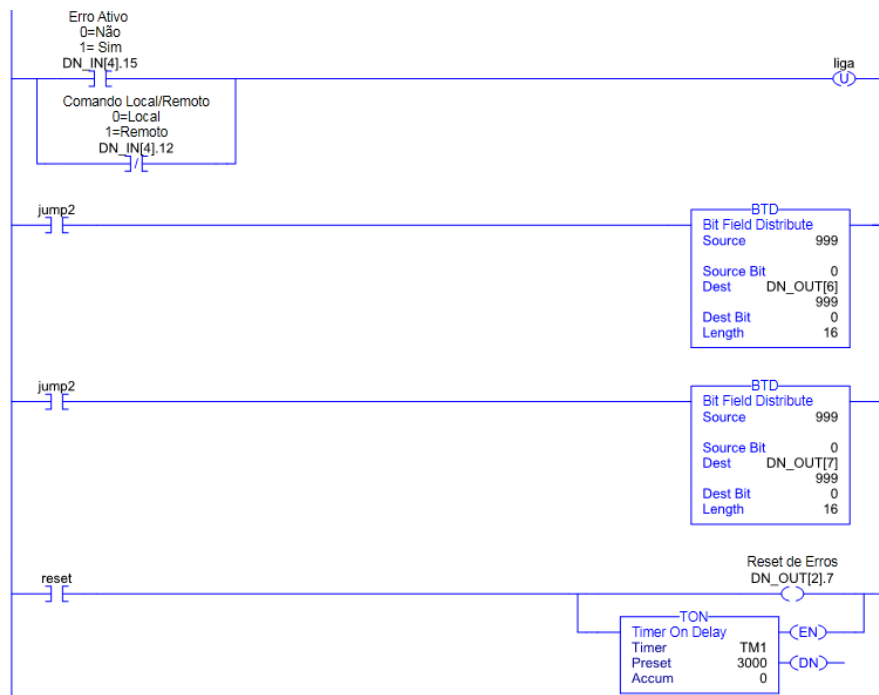
Na Figura 5 é feita a tratativa dos bits que são endereçados no editor CLP Rslogix 5000 (da Rockwell), cujos bits são parâmetros programáveis no inversor de frequência que através do Rslix Classic software usado para fazer a comunicação entre inversor de frequência e CLP via rede industrial DeviceNet.

Figura 5 – Programação de acionamento do inversor CFW 09



Fonte: Autor

Figura 6 – Programação de acionamento do inversor CFW 09



Fonte: Autor

A sequência lógica do acionamento do motor por meio do inversor de frequência é feita mediante a parametrização do drive, assim tendo as opções de acionamento do modo local e remoto, a mudança é feita por botões instalados no próprio painel, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Acionamento do CFW 09



Fonte: Autor

4.2. Válvula de controle

As válvulas de controle são usadas em processos industriais, onde são instaladas em tubulações, entradas e saídas de vasos e tanques em várias aplicações diferentes. Segundo Ribeiro (2003), o sinal de atuação da válvula pode vir de um controlador, estação manual, solenóide piloto ou que a válvula seja também atuada manualmente.

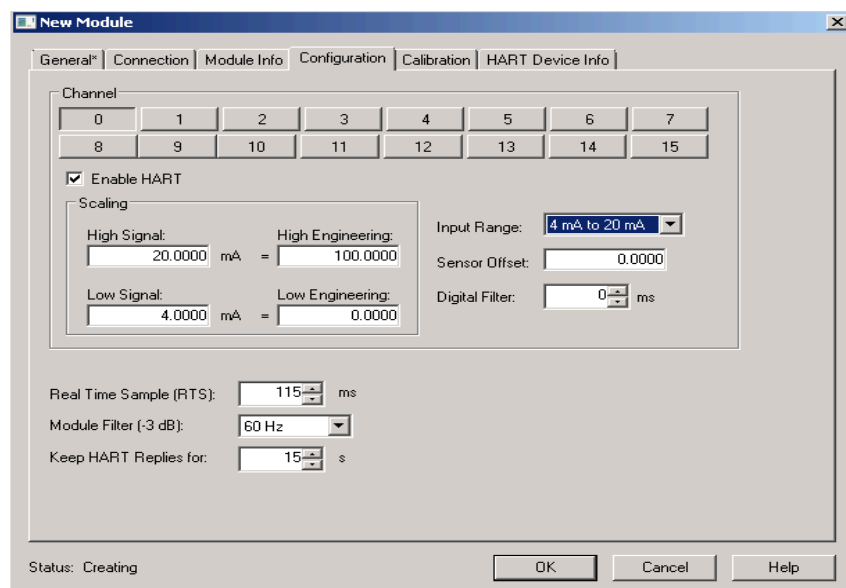
Figura 8 – Válvula borboleta



Fonte: Autor

A tratativa do sinal é feita quando se é configurado o cartão de saída analógica, o qual será usado para fazer a abertura da válvula de controle, foi desenvolvido um diagrama FBD, o editor usado é o Studio 5000 da empresa Rockwell Automation. Os valores de unidade de engenharia são de 0 a 100% escalonado de 4 a 20 mA.

Figura 9 – Configuração do cartão de saída analógica

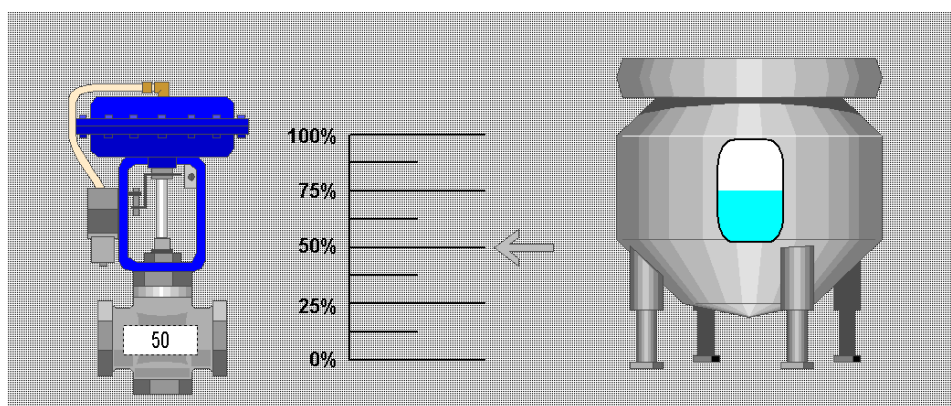


Fonte: Autor

4.3. Sistema Supervisório

Na figura 10 é feita a animação do sinal da válvula de controle mencionada anteriormente, o sinal que o cartão de saída analógica enviará para o posicionador eletropneumático é de 4 a 20mA, e o usuário na tela do computador tem a opção de selecionar de 0 a 100% que em campo a válvula abrirá ou fechará os seus limites de abertura e fechamento.

Figura 10 – Animação válvula de controle e nível do tanque



Fonte: Autor

4.4. Indicador de Velocidade DMY-2030-F-Light

Conforme o fabricante PRESYS, os indicadores DMY-2030-F e DMY-2030-F *light* são instrumentos microprocessados que mostram variáveis de processo por sensores de frequência tais como *pick-up's* magnéticos, tacogeradores, detectores de proximidade indutivos, capacitivos, ópticos, sensores de segurança intrínseca NAMUR (DIN-19234). Ele possui entrada para sinais senoidais, quadrados, triangulares e pulsos com amplitude entre 300mV_{pp} e 30V_{pp} ou contato seco. A faixa de frequência de entrada é de 0 a 30 kHz. A indicação no display é configurável pelo usuário, permitindo indicar a variável do processo em unidades de engenharia (rpm, Hz, mpm etc.).

Esse indicador é amplamente utilizado em aplicações industriais para monitorar a velocidade de rotação de máquinas, a velocidade de turbinas a vapor é feita pela contagem de dentes, cerca de 60 dentes, da engrenagem acoplada na ponta de eixo da turbina pelo sensor *pick-up*.

Figura 11 – Indicador de Velocidade DMY – 2030 – F– Light



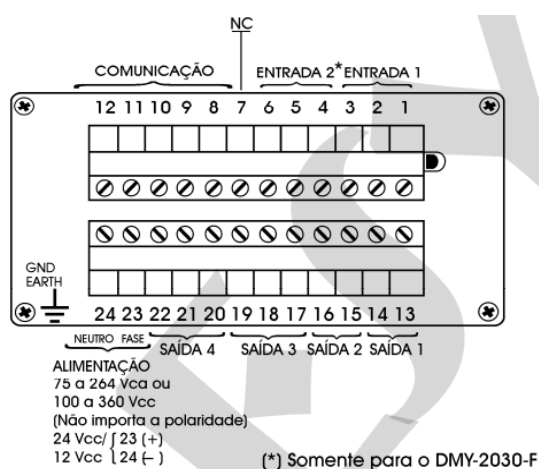
Fonte: Autor

Os indicadores DMY-2030-F e DMY-2030-F *light* podem ser alimentados com qualquer tensão entre 75 e 264 Vca ou 100 a 360 Vcc, não importando a polaridade. Note que a tensão é sempre aplicada ao circuito interno quando o instrumento é conectado à alimentação.

Na figura abaixo está o esquema da borneira do instrumento com todas as designações dos terminais de alimentação, aterramento, comunicação e sinais de entrada e saída do processo.

A alimentação 220V é ligada nos terminais 23 e 24, o sinal que o sensor enviará para a entrada do indicador 1 e 2, respectivamente, e a saída analógica que será de um range de 4 a 20 ma são os terminais 13 e 14, conforme o desenho da figura 12.

Figura 12 – Sensor pick-up



Fonte: PRESYS. *Sensor pick-up – DMY-2030-F*

O painel proporcionou a instalação do indicador onde é feita a validação do mesmo em bancada, com o intuito de se analisar a confiabilidade do sensor magnético e do indicador para depois de testados colocar em aplicação no processo. Para se ter a leitura correta da rotação, foi elaborado um projeto com um motor de 0,25 CV, 380V trifásico da WEG e na ponta do eixo uma engrenagem de 33 dentes, assim através do cálculo abaixo é feita a parametrização do indicador de acordo com:

$$f_{rpm} = f \times \frac{n_{rpm}}{N_{dentes}}$$

em que n_{rpm} é a velocidade nominal da turbina a vapor, N_{dentes} é o número de dentes na engrenagem, f é a frequência em Hz de alimentação e f_{rpm} é a frequência em rpm.

$$f_{rpm} = 60 \times \frac{6500}{60} \rightarrow f_{rpm} = 6500 \text{ rpm}$$

Desse modo os valores de LIM LOW, LIM HIGH e ENGLow, ENG HIGH serão os mesmos, porém as unidades de medidas serão em Hz e rpm respectivamente, que são os valores de engenharia usados para fazer o escalonamento.

Figura 13 – Tabela de Escalonamento

Mnemônico	Parâmetro	Faixa Ajustável	Valor de Fábrica	Unidade
LIM LOW	sinal de entrada correspondente a Eng Low	0	0	Hz
LIM HIGH	sinal de entrada correspondente a Eng High	6500	60	Hz
ENG LOW	indicação no display relativa a Lim Low	0	0	rpm
ENG HIGH	indicação no display relativa a Lim High	6500	60	rpm
OFF SET	constante adicionada a indicação no display		0	UE
FILTRO	constante de tempo de um filtro digital de primeira ordem		0.0	segundo

(*) UE - Unidade de Engenharia

Fonte: Adaptado de PRESYS. *Tabela de Escalonamento – DMY-2030-F*

O motor foi instalado ao lado do painel para acompanhamento da rotação com um tacômetro, assim há mais de uma validação do sensor, pois o valor que o inversor indicará na sua IHM, o valor lido pelo indicador através do sensor é também validado por um tacômetro certificado.

Figura 14 – Projeto de leitura do sensor magnético



Fonte: Autor

A indicação de rotação que o inversor manda para a sua IHM deve ser igual à indicação de rotação que o indicador DMY-2030-F *light* mostra no display, desse modo pode-se dizer que tanto o sensor quanto o indicador estão validados para serem instalados na turbina a vapor no processo.

5. Análise dos Resultados e Limitações Encontradas.

Os resultados obtidos, com a aplicação do painel de automação industrial desenvolvido, demonstraram alto grau de funcionalidade e aderência aos objetivos propostos. Diversas funcionalidades foram plenamente realizadas durante os testes realizados em bancada.

Entre os principais recursos validados, destaca-se o acionamento do inversor de frequência CFW-09, operando de forma eficiente tanto no modo local (via botões físicos conectados às entradas digitais) quanto no modo remoto, por meio da comunicação DeviceNet com o CLP. A lógica de controle desenvolvida em linguagem Ladder permitiu a comutação entre os modos de operação de forma segura, precisa e funcional.

A validação dos sensores de velocidade, realizada com o indicador digital DMY-2030-F *light* e um sensor magnético tipo *pick-up*, foi confirmada por meio da comparação com leituras obtidas por um tacômetro certificado. Os testes demonstraram consistência entre as leituras, evidenciando que o sistema de medição de rotação pode ser aplicado com segurança em processos industriais reais, como no monitoramento de turbinas a vapor.

Durante os testes de comunicação via rede DeviceNet, não foram identificadas falhas de comunicação entre o CLP (utilizando o software RSLogix 5000) e o inversor de frequência.

Os parâmetros foram corretamente mapeados e tratados, garantindo estabilidade no envio de comandos e na recepção de *feedback* do equipamento. Contudo, algumas limitações e pontos de melhoria foram observados. A instalação e parametrização da rede DeviceNet exigiram tempo considerável e atenção aos detalhes de endereçamento dos nós e configuração dos arquivos EDS. Para ampliar a aplicabilidade e facilitar futuras integrações, recomenda-se a inclusão de protocolos adicionais, como Modbus RTU/TCP e Ethernet/IP.

Foi observada uma pequena variação na leitura do sensor de rotação em regimes de baixa rotação, especialmente devido à limitação de leitura de pulsos em frequências muito baixas. Esse fator pode ser resolvido com o uso de sensores com maior sensibilidade ou resolução, ou com melhorias na filtragem de sinais.

Algumas conexões elétricas e a organização interna do painel ainda podem ser otimizadas com melhor disposição dos componentes e identificação dos cabos, visando facilitar a manutenção e futuras expansões, também foi analisada a ausência de um sistema supervisório completo (SCADA) limitou a análise visual e armazenamento histórico dos dados, o que representa uma oportunidade clara para a evolução do projeto.

6. Discussões

O sistema desenvolvido é flexível e pode ser adaptado a diferentes tipos de instrumentos e processos industriais, essa ferramenta pode se tornar um recurso valioso para o desenvolvimento de habilidades práticas e o aprofundamento do conhecimento em automação, pois ao interagir com o painel, os técnicos podem aprender na prática como configurar, programar e diagnosticar sistemas de automação, também há a possibilidade de elaborar manuais e tutoriais detalhados sobre o funcionamento do painel, incluindo exemplos práticos e exercícios, além de trazer benefícios para empresas, tais como:

- **Redução de custos com treinamento:** O painel pode ser utilizado para treinar novos técnicos de forma mais eficiente e econômica.
- **Aumento da qualificação da equipe:** A capacitação contínua dos técnicos contribui para o aumento da qualificação da equipe e para a melhoria da qualidade dos serviços prestados.
- **Maior autonomia dos técnicos:** Técnicos mais específicos e experientes são capazes de resolver problemas de forma mais independente, diminuindo a necessidade de suporte técnico externo.

- **Redução de tempo de parada:** A identificação rápida de falhas e a realização de testes de forma eficiente minimizam o tempo que os equipamentos ficam indisponíveis.
- **Aumento da eficiência:** A automatização de processos e a coleta de dados em tempo real permitem otimizar a produção e reduzir desperdícios.
- **Melhora da qualidade:** A validação precisa dos instrumentos de controle garante a qualidade dos produtos e serviços.
- **Diminuição de custos com manutenção:** A identificação precoce de problemas evita falhas mais graves e custos de reparo mais elevados.
- **Identificação de riscos:** O monitoramento contínuo dos equipamentos permite identificar riscos potenciais e tomar medidas preventivas.
- **Redução de acidentes:** A automação de tarefas perigosas reduz o risco de acidentes de trabalho.

7. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo principal apresentar o desenvolvimento de um painel de automação industrial voltado para testes de instrumentos de controle, visando aprimorar os processos de validação utilizados em ambientes industriais. Através da integração de um CLP foi possível implementar soluções seguras de manuseio de instrumentos de campo, reduzindo a probabilidade de erros durante sua aplicação industrial.

O painel construído permitiu a simulação do sensor magnético *pick-up* e o inversor de frequência, assim possibilitando a implementação de novos dispositivos como, transmissores de nível, pressão e vazão, atuadores, entre outros. Adicionalmente, a estrutura do painel possibilita, caso a empresa atualize as suas tecnologias a expansão e integração com redes industriais, como Modbus e Ethernet/IP, além de sua futura adaptação a conceitos de Indústria 4.0, como a Internet das Coisas Industrial (IIoT), sistemas de monitoramento remoto e manutenção preditiva. Dessa forma, o projeto demonstra potencial para atender a diferentes demandas em ambientes de automação, tanto no contexto educacional quanto no setor produtivo.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a integração do painel com sistemas supervisórios SCADA para visualização e armazenamento de dados históricos, bem como a

implementação de protocolos de comunicação adicionais, como Profibus e OPC UA. A inclusão de sensores inteligentes com conectividade IoT, e o desenvolvimento de algoritmos de diagnóstico automático de falhas, também representam caminhos promissores para ampliar a aplicabilidade do projeto em ambientes industriais modernos e conectados. Os arquivos desenvolvidos no projeto estão organizados em um repositório no GitHub: <https://github.com/Icaro-Siqueira/TCC---Icaro-Siqueira>.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. **Instrumentação e fundamentos e medidas**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. v. 1-2.

CARDEAL, W.; MARTINS, W.; JÚNIOR, P. **Estudo sobre a Utilização de Testes Automatizados em Projeto de Software de Grande Porte**. Simpósio de Pós-Graduação do IFTM (Simpós), v. 2, p. 2359-0130, 2015.

FRANCHI, Claiton Moro *et al.* **Controladores lógicos programáveis**. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora. Érica, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

PETRUZELLA, Frank D.. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4. ed. Porto Alegre: Amgh, 2014.

PRESYS. **Indicador Digital Universal Para Processo Dual DMY-2030 DMY-2030F**. São Paulo: Presys, 2023.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Válvulas de Controle e Segurança**. 5. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 1999.

RIBBENS, W. **Understanding Automotive Electronics**. 2ª. ed. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2017.

SILVA, Mario Luis Moreira; DALLILO, Felipe Diniz. **Uma visão geral sobre automação de testes**. 2019. 15 f. Tese (Doutorado) - Curso de Automação, Colégio Técnico Industrial, Araraquara, 2019.

ZANCAN, Marcos Daniel. **Controladores Programáveis**. 2011. 54 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Colégio Técnico Industrial, Santa Maria, 2011.