



## PROPOSTA DE BANCADA DIDÁTICA PARA INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE NÍVEL E VAZÃO - P&ID e DCP

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5091

**Autores:** ANDRE ATHAYDES MARTINS, BENE REGIS FIGUEIREDO, ROSIANE RIBEIRO ROCHA

**Resumo:** Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), as atividades industriais possuem a segunda maior participação do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Entretanto, a entidade também constatou que existe uma grande demanda pela mão de obra qualificada, apesar do alto número de trabalhadores disponíveis no mercado. As instituições de ensino têm buscado atender essa demanda por meio de cursos profissionalizantes com uma abordagem de aprendizagem prática nos laboratórios, onde se encontram as plantas didáticas. Também chamada de bancadas, elas são plataformas que simulam processos industriais para que os estudantes tenham a oportunidade de aplicar a teoria e de conhecer os dispositivos industriais. Todavia, as plantas didáticas disponíveis no mercado têm um custo elevado e seus componentes não são frequentemente utilizados nas indústrias. Diante desse contexto, estabeleceu-se o objetivo de criar um projeto de construção da bancada didática a ser implementada em um dos laboratório do IFES Campus Serra, a fim de contribuir para aprendizagem dos alunos na área de controle e automação. Neste trabalho foram realizados pesquisas bibliográficas, conduzidas reuniões e elaboração de esboços até obter uma versão satisfatória do diagrama de processo e instrumentação (P&ID) e o diagrama de comando e potência (DCP) da bancada. Os resultados desse trabalho serão utilizados como base para a modelagem 3D da bancada, que é próxima fase do projeto.

**Palavras-chave:** Automação, Malhas de Controle, Bancada Didática, Diagrama Elétrica, Instrumentação, P&ID

# PROPOSTA DE BANCADA DIDÁTICA PARA INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE NÍVEL E VAZÃO - P&ID e DCP

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a indústria é a segunda maior atividade econômica do Brasil com a participação de 25,5% do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2023. O setor que mais se destacou foi o da indústria de transformação, responsável por transformar matéria-prima bruta em produto final, que detém 59,9% dessa participação (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2023). Para garantir uma produção de alta qualidade com mínimos custos e desperdícios, as indústrias têm adotado a instrumentação para monitorar e controlar as variáveis dos processos produtivos como, por exemplo, vazão, nível, pressão e entre outros.

Entretanto, segundo a pesquisa feita pela CNI em 2019, aproximadamente 50% das indústrias extrativas e de transformação estabelecidas no Brasil afirmam ter problemas com a falta de mão de obra qualificada, apesar da alta oferta de trabalhador. Elas alegam que essa carência é a principal barreira que as impede de aperfeiçoar os processos de produção e melhorar a qualidade dos produtos. Em resumo, a falta de profissionais capacitados é responsável pelo baixo desempenho de produção e pela competitividade das empresas (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2020).

Nesta circunstância, as instituições de ensino têm buscado suprir a demanda através da oferta dos cursos profissionalizantes, cuja metodologia de ensino adotada consiste em transmitir a fundamentação teórica aliada a aprendizagem prática (FONSECA, 2012; RAMOS, 2013; SILVA et al., 2015). Para que os alunos tenham melhor fixação e compreensão do conhecimento adquirido, algumas instituições disponibilizam bancadas didáticas instaladas nos laboratórios. Também chamada de plantas didáticas, elas são plataformas tecnológicas capazes de simular os processos industriais com diferentes problemas de controle a serem resolvidos; além de promover o contato do aluno com instrumentos encontrados nas indústrias, tais como sensores, atuadores e transmissores (FONSECA, 2012; RAMOS, 2013; SILVA et al., 2015).

Desse modo, as bancadas são ferramentas relevantes para capacitação profissional dos discentes. Entretanto, devido ao elevado custo das plantas disponíveis no mercado, surgiram vários trabalhos acadêmicos, incluindo este artigo, com o propósito de desenvolver uma bancada didática de baixo custo.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma proposta de construção de uma bancada didática com malhas de controle de vazão e de nível. Pressupõe-se a posterior construção e instalação da bancada em um laboratório do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) *campus* Serra, onde será utilizada como apoio ao ensino das disciplinas de instrumentação e controle dos cursos ofertados no *campus* da área de automação industrial. Desse modo, os alunos terão a oportunidade de conhecer e manusear diferentes instrumentos de medição, além de aplicar as técnicas de controle estudados na sala de aula.

Os seguintes objetivos específicos foram determinados para atingir o resultado esperado:

- Desenvolver o diagrama de processo e instrumentação (PI&D);
- Desenvolver o diagrama de comando e potência (DCP);
- Modelagem 3D dos instrumentos de medição;
- Projeção da bancada didática em 3D;

Devido à extensão do trabalho, ele será dividido em dois artigos. Neste artigo especificamente, serão apresentados o diagrama de processo e instrumentação e o diagrama de comando e potência da bancada didática.

### 3 METODOLOGIA

A princípio, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para encontrar projetos semelhantes à proposta deste trabalho, a fim de servirem como referências. Observou-se que a maioria preferiu utilizar componentes mais acessíveis ou aproveitar os equipamentos industriais que estavam disponíveis na instituição de ensino, com o intuito de reduzir os custos.

No trabalho de Silva et al.(2015), por exemplo, desenvolveu-se um módulo didático baseado no Controlador Lógico Programável (CLP) CompactLogix da Rockwell, com um sistema de nível de líquidos constituído de materiais e medidores de baixos custo, para apoiar o ensino de instrumentação e controle industrial. Outro estudo digno de nota é o de Pinho et al.(2021), que construiu uma bancada didática com malhas de controle de nível e temperatura, empregando o microcontrolador Arduino e seus módulos em vez do controlador e instrumentos de medição industriais, que possuem um custo elevado.

No entanto, para que haja maior proximidade dos alunos com o ambiente industrial, neste trabalho foi determinado que todos os componentes da bancada didática devem ser similares aos encontrados nas indústrias. Para minimizar os custos, decidiu-se aproveitar os instrumentos de medição de vazão e de nível disponíveis no laboratório do IFES *campus* Serra.

Em seguida, diversas reuniões e esboços foram realizados até desenvolvimento da versão final do diagrama de processo e instrumentação e do diagrama de comando e de potência da bancada.

#### 3.1 Diagrama de Processo e Instrumentação (P&ID)

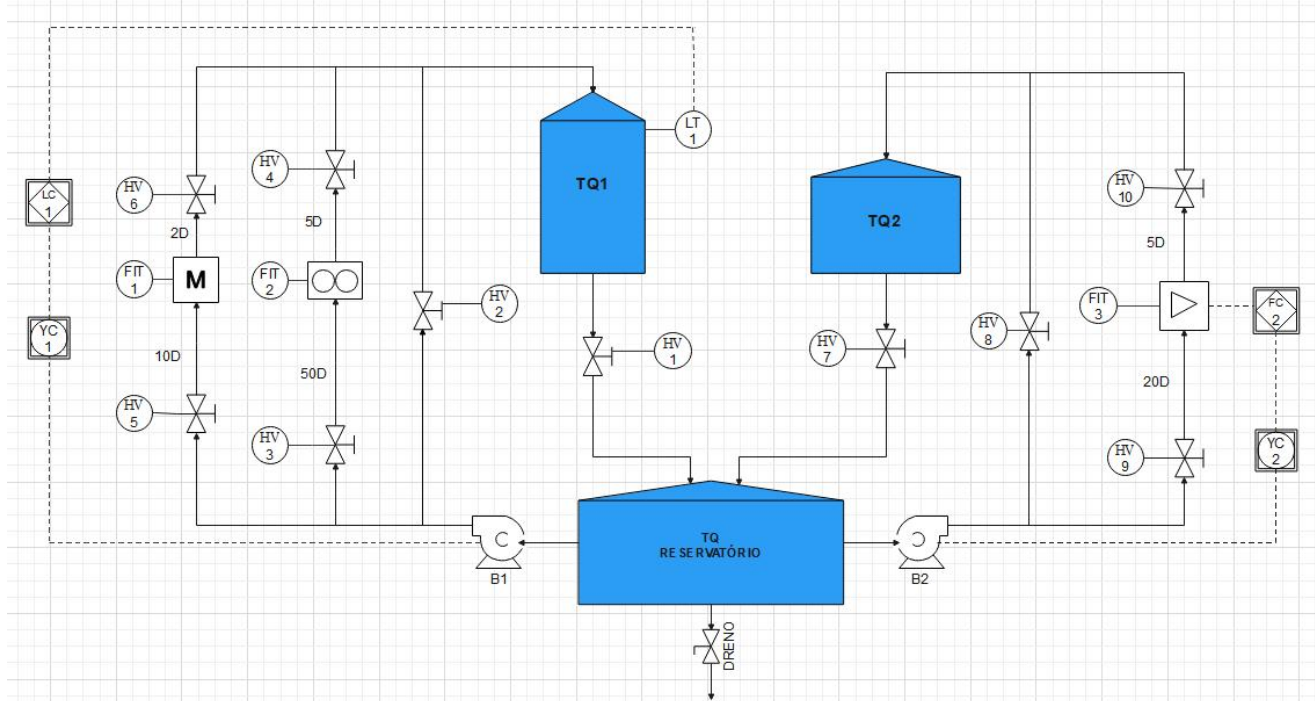
O diagrama de processo e instrumentação, também chamado de diagrama P&ID, é um desenho esquemático que tem o objetivo de apresentar a tubulação, equipamentos e instrumentos de um processo industrial (BOJORGE, 2014). Através dele, o estudante ou o profissional capacitado é capaz de compreender a dinâmica e o funcionamento da planta. As indústrias e empresas, tanto nacionais quanto internacionais, adotam a simbologia estabelecida pelas normas ISA (*Instrument Society of America*) série S5 para a identificação dos instrumentos (BOJORGE, 2014; TRIERWEILER, [s.d.]), a qual também foi empregada neste trabalho.

O diagrama P&ID da planta didática proposto pelo presente trabalho pode ser vista na Figura 1. Tal diagrama foi estabelecido de acordo com o objetivo de desenvolver uma bancada de fácil utilização capaz de oferecer um aprendizado prático e eficiente para os alunos da instituição, além de reaproveitar os instrumentos de medição disponíveis no *campus*.

A planta didática é constituída pelas malhas de controle de nível e de vazão, as

quais compartilham o mesmo tanque reservatório. Esse tanque é responsável pelo armazenamento e fornecimento constante do fluido para as ambas de controle, ainda que elas estejam operando simultaneamente.

Figura 1 - Diagrama P&ID da Bancada



Fonte: Autoria Própria (2022)

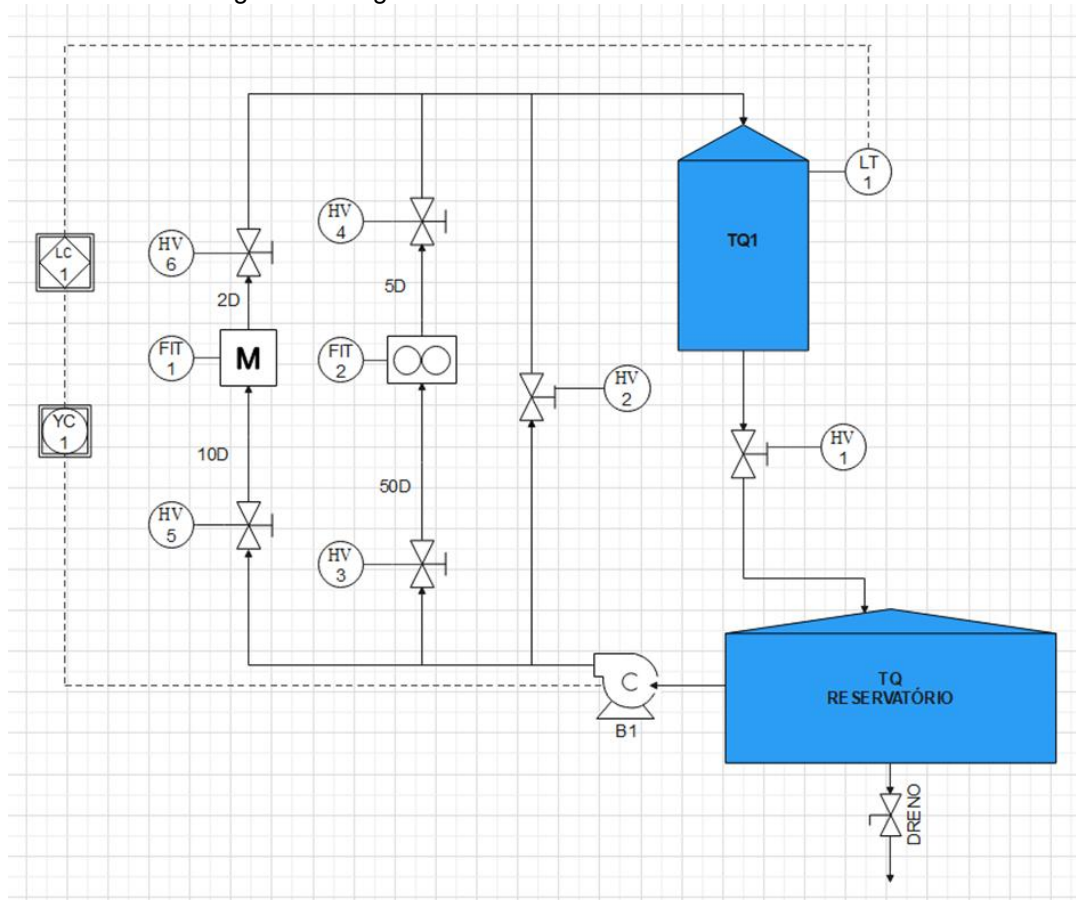
### 3.2 Malha de Controle de Nível

Na malha de controle de nível, mostrada na Figura 2, o fluido após ser impulsionada pela bomba (B1), poderá transitar pela tubulação com medidor de vazão magnético (FIT1) ou pela tubulação com medidor de fluxo mássico de dispersão térmica (FIT2). Desse modo, o aluno tem a oportunidade de comparar as medições, na mesma malha de controle, entre dois tipos de instrumentos de vazão disponíveis no mercado. Vale ressaltar que o estudante tem a opção de escolher medir a vazão somente em uma das tubulações, para isso basta fechar as válvulas da tubulação em que deseja romper o fluxo.

No final do circuito hidráulico, o nível do primeiro tanque superior (TQ1) é medido constantemente pelo transmissor de nível (LT1) que também emite um sinal de saída para controlador de nível (LC1). O controlador, por sua vez, compara o valor do *setpoint* com o nível atual do tanque e manipula a vazão da bomba através do inversor de frequência (YC1). É preciso lembrar que o *setpoint*, nesse caso, é o nível do fluido estabelecido antecipadamente pelo estudante que o tanque deve conter. Caso o nível seja atingido, o controlador irá desligar a bomba. Na saída do tanque superior, há uma válvula manual (HV1) que, quando aberta, permite que o fluido retorne para o tanque reservatório.

Em conformidade com os manuais dos instrumentos de medição de vazão, uma tubulação de desvio com a válvula *bypass* (HV2) está interligada paralelamente ao circuito hidráulico com o intuito de permitir a circulação do fluido quando suceder manutenção dos medidores de vazão. As válvulas de bloqueio HV3, HV4, HV5 e HV6 servem para romper o fluxo de água e facilitar a retirada dos seus respectivos instrumentos para as devidas manutenções.

Figura 2 - Diagrama P&ID da Malha de Controle de Nível



Fonte: Autoria Própria (2022)

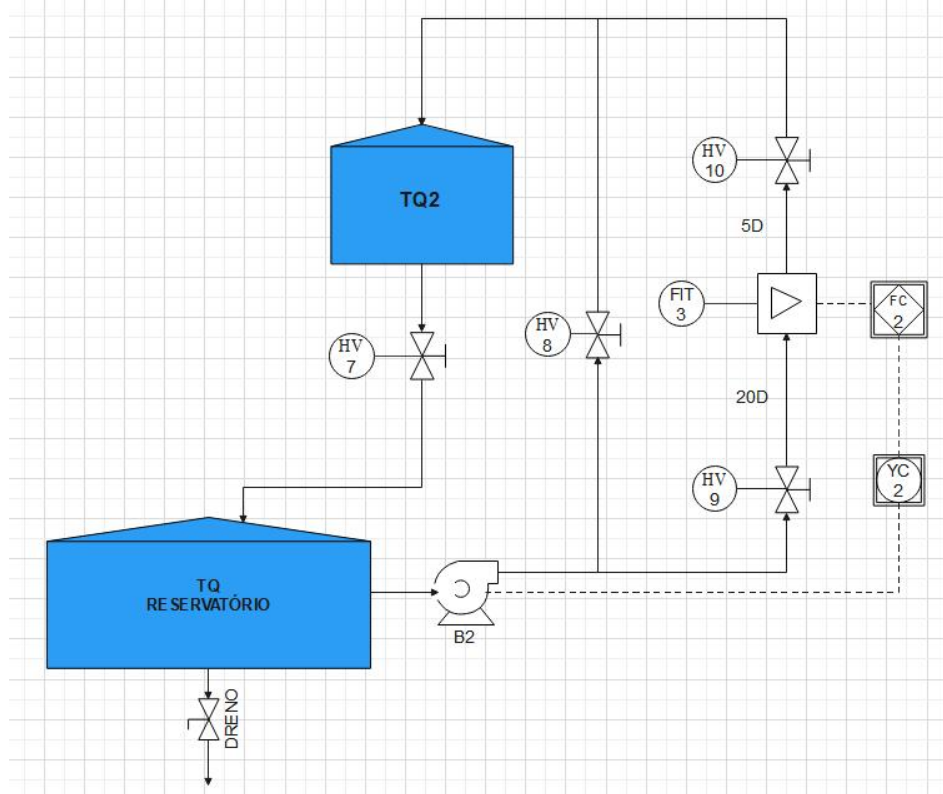
### 3.3 Malha de Controle de Vazão

Já na malha de controle de vazão, que pode ser visto na Figura 3, o circuito hidráulico se inicia com a bomba (B2) que provoca uma impulsão no fluido, permitindo a sua circulação na tubulação. O medidor de vórtices (FIT3) realiza medições contínuas da vazão do fluido, e emite um sinal proporcional a variável do processo para o controlador de vazão (FC2). O controlador, por sua vez, calcula o *offset* e coordena a bomba (B2), por intermédio do inversor de frequência (YC2), de maneira que a vazão do fluido atinja ou mantenha um valor igual ao *setpoint* previamente definido pelo estudante.

Na saída do segundo tanque superior (TQ2), há uma válvula manual que possibilita o escoamento da água para o tanque reservatório. É necessário destacar que, para que não haja transbordamento, é preciso obrigatoriamente que o operador realize o controle manual do nível do tanque (TQ2) ou que a válvula HV7 esteja totalmente aberta para permitir a circulação do fluido.

Em conformidade às recomendações dadas pelo manual do fabricante, uma tubulação de desvio, contendo uma válvula *bypass* (HV8), está acoplada paralelamente ao circuito hidráulico para viabilizar a circulação do fluido quando suceder manutenção do instrumento de medição. As válvulas de bloqueio (HV9, HV10) servem para romper o fluxo de água da tubulação principal e facilitar a retirada do medidor para as devidas manutenções.

Figura 3 - Diagrama P&ID da Malha de Controle de Vazão



Fonte: Autoria Própria (2022)

## 4 DIAGRAMA DE COMANDO E POTÊNCIA

O diagrama de comando e potência também é um desenho que tem a função de representar graficamente a relação entre as cargas e os componentes elétricos. De modo semelhante ao diagrama P&ID, ele auxilia na compreensão do funcionamento do sistema de acionamento de máquinas e equipamentos, além de facilitar a instalação e manutenção dos circuitos elétricos (INTEL SERVICE, c2023).

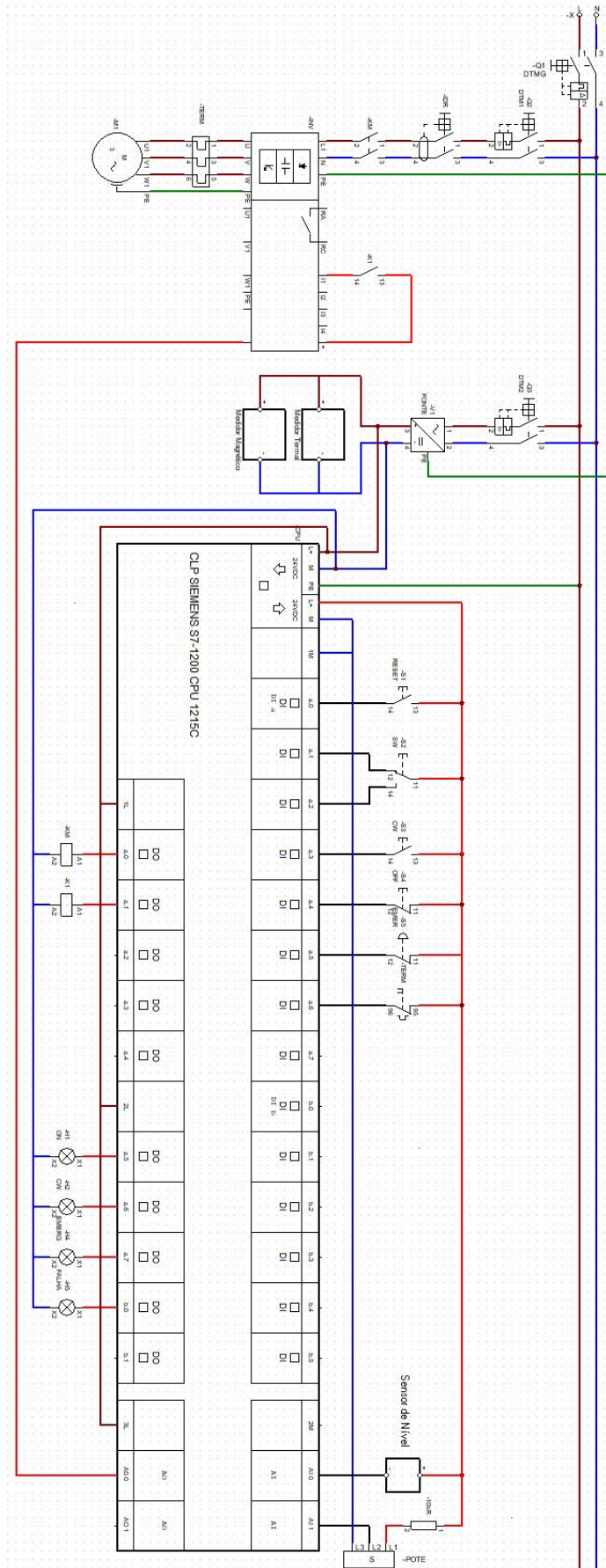
O diagrama é dividido em circuitos de comando e de potência. O primeiro circuito é de potência, também denominado de força, onde ocorre circulação de correntes elétricas de maior intensidade para acionamento de cargas, tais como motores e bombas centrífugas. O circuito de comando permite o operador controlar o circuito de potência através de alguns dispositivos como botoeiras e chaves seletoras. Nesse circuito somente percorre correntes de baixa intensidade (INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL, [s.d.]; SOUZA, 2009).

Para a elaboração de diagrama de comando e potência da bancada, utilizou-se o *software* CAde SIMU. Esse programa foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar o aprendizado de comandos elétricos através da criação e da simulação dos circuitos, porém, em virtude da sua simplicidade e ao fato de ser gratuito, ele é amplamente adotado pelas escolas técnicas e até mesmo pelas empresas.

### 4.1 Diagramas Elétricos

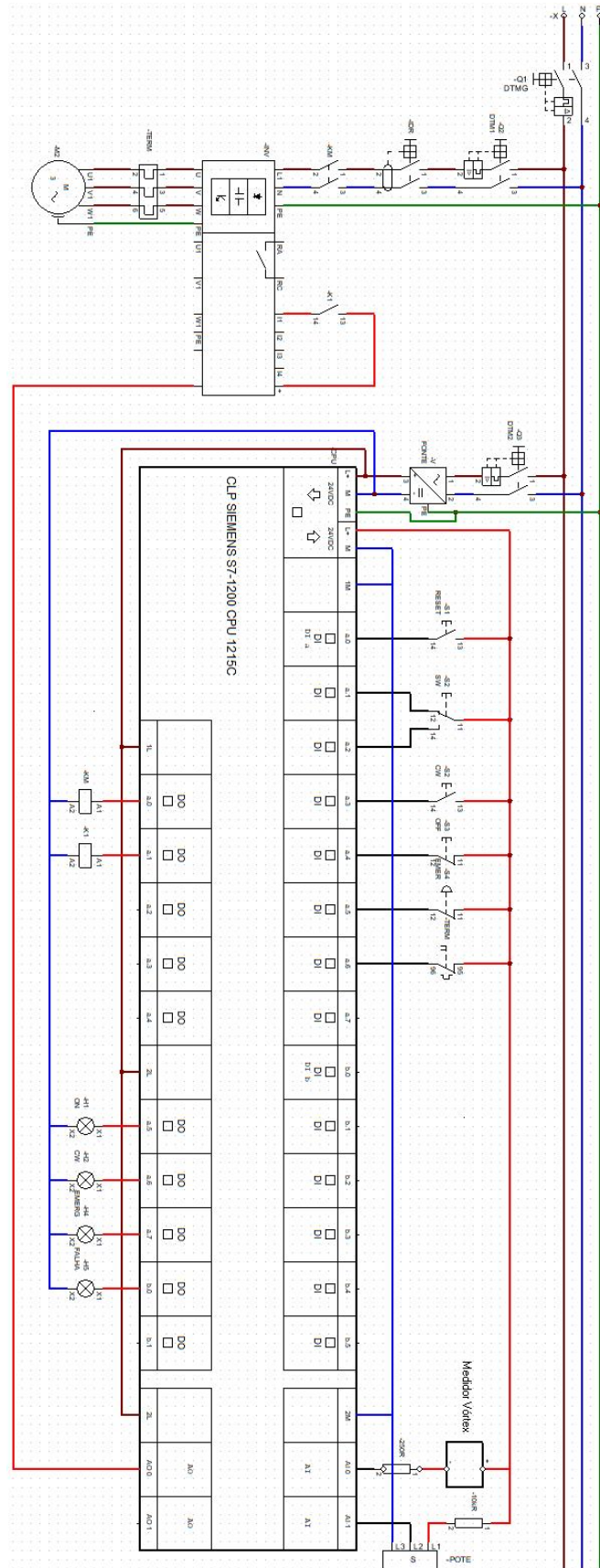
Os diagramas P&ID e os manuais dos equipamentos eletrônicos foram utilizados como base para a construção dos desenhos elétricos. O diagrama elétrico da malha de controle de nível pode ser visto na Figura 4, enquanto da malha de controle de vazão é ilustrado na Figura 5.

Figura 4 - Diagrama Elétrico da Malha de Controle de Nível



Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 5 - Diagrama Elétrico da Malha de Controle de Vazão



Fonte: Autoria Própria (2024)



Os diagramas elétricos das malhas de controle são praticamente idênticos, diferindo apenas nos medidores implementados. Durante a elaboração dos diagramas, alguns detalhes foram observados. O manual das bombas centrífugas exige a instalação do interruptor diferencial residual (IDR) e do relé térmico (TERM), que são dispositivos de proteção contra correntes de fugas e sobrecargas, respectivamente. Esses componentes são indispensáveis e a ausência deles pode resultar na perda total da garantia das bombas. Além disso, precisou-se implementar uma fonte de tensão chaveada em cada malha para alimentar os controladores e, no caso da malha de nível, os medidores de vazão.

Ademais, para este trabalho, exigiu-se que o CLP tenha 2 (duas) entradas analógicas e 1 (uma) saída analógica. De modo geral, o CLP com entradas e saídas analógicas apresenta um custo de aquisição relativamente maior, porém é capaz de se comunicar com os medidores e o inversor, que operam com sinais analógicos. O modelo selecionado para este projeto foi o CLP SIMATIC S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC, da marca Siemens, que possui 14 (quatorze) portas de entrada e 10 (dez) de saídas digitais, 2 (duas) de entradas e 2 (duas) de saídas analógicas. Esse controlador dispõe de entradas e saídas em quantidade superior à necessária, permitindo futuras expansões da planta.

Com os diagramas P&ID e DCP desenvolvidos, espera-se que a bancada didática possa ser usada como ferramenta de apoio ao ensino de instrumentação e controle industrial. Os alunos terão a oportunidade de realizar diferentes atividades, tais como a aplicação de diferentes técnicas de controle, análise de respostas transitórias e regime permanente, sintonização de controladores, calibração dos instrumentos.

Uma sugestão para aprimorar a planta é a instalação de um sensor capacitivo no tanque superior (TQ2) da malha de vazão. Assim, quando o tanque atingir sua capacidade máxima, a bomba será desligada automaticamente, evitando o transbordamento de água sem a necessidade de intervenção de um usuário externo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria brasileira tem um papel de grande relevância na economia do país. No entanto, a falta de profissionais qualificados, apesar da disponibilidade de mão de obra, é um grande desafio para as empresas que desejam aprimorar seus processos produtivos e elevar sua competitividade, tanto no mercado interno quanto externo. Para suprir essa carência, as instituições de ensino têm investido na infraestrutura dos laboratórios, com o objetivo de aperfeiçoar o aprendizado dos alunos e prepará-los para o mercado de trabalho ao final da sua formação.

Nesse contexto, a bancada didática é uma ferramenta de suma importância para capacitação profissional, no qual os estudantes têm a oportunidade de aplicar a teoria e de conhecer os equipamentos empregados nas indústrias. Essa experiência contribui maior fixação do conteúdo ministrado em sala de aula, além de aproximar o aluno da realidade industrial.

Este trabalho buscou desenvolver um projeto da bancada didática, cujos componentes são semelhantes aos da indústria, com o aproveitamento dos instrumentos de medição disponíveis no IFES *campus* Serra. As primeiras fases do projeto consistiram no desenvolvimento dos diagramas P&ID e DCP, em que foram considerados as características e os critérios de instalação dos equipamentos.

A partir dos resultados obtidos, a próxima etapa do projeto será a elaboração do modelo 3D dos instrumentos industriais e da estrutura completa da bancada didática. Nessa fase, será realizado um desenho tridimensional, respeitando as formas e proporções, de cada componente elétrico, mecânico e hidráulico da planta, de modo que

a projeção 3D da bancada auxílie e previna falhas durante o processo de montagem. Com o resultado final deste projeto, prevê-se uma futura implementação da planta didática para reforçar o aprendizado dos alunos da área de automação industrial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFES pelo apoio concedido.

## REFERÊNCIAS

BOJORGE, Ninoska. **Diagramas P&ID em Engenharia Química**. Disponível em: <[https://www.professores.uff.br/ninoska/wp-content/uploads/sites/57/2017/08/UERJ\\_Instrumen\\_Diagrama\\_PID\\_2sem2014.pdf](https://www.professores.uff.br/ninoska/wp-content/uploads/sites/57/2017/08/UERJ_Instrumen_Diagrama_PID_2sem2014.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Perfil da Indústria Brasileira – CNI**. Disponível em: <<https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/producao/#/industria-total>>. Acesso em: 9 abr. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Sondagem Especial. **Falta de Trabalhador Qualificado**, n. 76, 2020. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-76-falta-de-trabalhador-qualificado/>>. Acesso em: 25 out. 2021.

FONSECA, Daniel Guerra Vale da. **Modelagem e Controle Adaptativo de uma Planta Didática de Nível com Instrumentação Industrial**. 2012. 81 f. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. . Acesso em: 9 jul. 2021.

INTEL SERVICE. **O que é : Diagrama de Comando e Potência (DCP)**. . [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://grupoinstel.com.br/glossario/o-que-e-diagrama-de-comando-e-potencia-dcp/#:~:text=Funcionamento%20do%20Diagrama%20de%20Comando,vez%20aciona%20o%20componente%20correspondente.>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL. **Diagramas de comandos**. Disponível em: <<https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/2/44/9/2>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

PINHO, André Gurgel et al. Desenvolvimento de bancada didática contendo múltiplos sensores e atuadores. v. 10, n. 13, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21165>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

RAMOS, Mário Bertt de Arruda. **Proposta de Planta Didática Multiprocesso e Multitarefa**. 2013. 82 f. TCC – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. . Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, Aldemir Maia da et al. Bancada Didática Baseada em CLP Compactlogix da Rockwell para uso nas Disciplinas de Automação e Instrumentação Industrial. **Tecnologia e Informação**, Natal, v. 2, p. 28–43, ago. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unp.br/index.php/tecinfo/issue/view/68>>. Acesso em: 2 jul. 2021.

SOUZA, Neemias Silva de. **Apostila de Acionamentos Elétricos**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica#:~:text=Circuito%20de%20comando%3A%20neste%20encontra,resistências%20de%20aquecimento%2C%20entre%20outras.>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

TRIERWEILER, Jorge Otávio. **Fluxograma de Engenharia (P&I-Diagram)**. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492\\_pei\\_3.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_pei_3.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2022.

## PROPOSAL FOR A DIDACTIC BENCH FOR LEVEL AND FLOW INSTRUMENTATION AND CONTROL - P&ID AND DCP

**Abstract:** According to the National Confederation of Industry (CNI), industrial activities have the second largest share of Brazil's Gross Domestic Product (GDP). However, the entity also found that there is a high demand for skilled labor, despite the large number of workers available in the market. Educational institutions have been seeking to meet this demand through vocational courses with a practical learning approach in laboratories, where didactic plants are located. Also referred to as benches, they are platforms that simulate industrial processes so that students have the opportunity to apply theory and become familiar with industrial devices. However, the didactic plants available in the market have a high cost and their components are not frequently used in industries. Given this context, the objective was established to create a project to build a didactic bench to be implemented in one of the laboratories at IFES campus Serra, in order to contribute to the learning of students in the area of control and automation. In this work, bibliographic research was conducted, meetings were held, and sketches were drawn until a satisfactory version of the Process and Instrumentation Diagram (P&ID) and the Command and Power Diagram (DCP) of the bench was obtained. The results of this work will be used as a basis for the 3D modeling of the bench, which is the next phase of the project.

**Keywords:** automation, control loop, didactic bench, electrical diagram, instrumentation, P&ID.

