

Integração de Tecnologias da Indústria 4.0 no Ensino: Proposta de Aplicação Didática de Bancada de Calibração para Medidores de Vazão

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6349

Autores: WEDLON CLAUDIO DA SILVA, ITALO DOUGLAS COSTA BANDEIRA, LUCAS FLORENTINO GONÇALVES SANTOS, GUILHERME JOSÉ BARBOSA SOUZA, BRUNO HENRIQUE DOS SANTOS, SAFYA ARAÚJO DE LIMA DE SÁ ANTUNES, GABRIEL PEREIRA RIBEIRO, ROBERTO DIDIER OLIVEIRA FILHO, THIAGO SILVA CAVALCANTI, BRUNO CÉSAR RODRIGUES BRASIL

Resumo: Este artigo apresenta uma proposta pedagógica para a aplicação de uma bancada de calibração de medidores de vazão, originalmente desenvolvida para fins industriais, mas que pode ser utilizada para fins educacionais em treinamentos técnicos e profissionais. A iniciativa está alinhada aos conceitos da Indústria 4.0 e busca proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem prático e interdisciplinar, integrando conhecimento teórico com experiência aplicada. A bancada é equipada com sensores inteligentes, controladores programáveis, interfaces homem-máquina, protocolos de comunicação industrial e conectividade em nuvem, permitindo a simulação e a análise de cenários industriais reais. A proposta foi validada por meio do feedback de docentes de educação técnica, que destacaram seu potencial para melhorar o engajamento dos alunos e os resultados de aprendizagem em cursos de automação e instrumentação.

Palavras-chave: Educação Técnica, Indústria 4.0, Calibração de Vazão, Bancada Didática, Instrumentação.

INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO ENSINO: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DIDÁTICA DE BANCADA DE CALIBRAÇÃO PARA MEDIDORES DE VAZÃO

1 INTRODUÇÃO

A formação técnica no Brasil enfrenta desafios significativos para acompanhar as rápidas transformações da Indústria 4.0. A integração de tecnologias avançadas, como sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e automação inteligente, exige profissionais capacitados não apenas teoricamente, mas também com habilidades práticas sólidas. No contexto do ensino técnico, especialmente em cursos de Automação Industrial, observa-se uma lacuna na oferta de recursos didáticos que proporcionem experiências práticas alinhadas às demandas atuais da indústria.

A medição de vazão é uma variável crítica em diversos processos industriais, sendo essencial para o controle e a eficiência operacional. No entanto, muitos cursos técnicos carecem de bancadas didáticas que permitam aos alunos vivenciarem a calibração e a operação de medidores de vazão em ambientes simulados, porém realistas. Essa carência compromete a formação de profissionais aptos a atuar eficazmente em campo.

Este artigo apresenta uma bancada para calibração de medidores de vazão, projetada para integrar conceitos da Indústria 4.0 e suprir as necessidades práticas do ensino. Inicialmente concebida para atender demandas específicas de calibração em ambiente industrial, a bancada revelou-se também uma solução didática promissora, adaptável ao ensino e capaz de simular condições reais de operação encontradas em fábricas.

Esta bancada representa a etapa inicial de um projeto mais abrangente, visando futuramente a inclusão de outras variáveis de processo de controle ou de calibração de instrumentos, como nível, temperatura e pressão, além de aprofundar a integração com tecnologias avançadas, como gêmeos digitais e plataformas de análise de dados em nuvem, expandindo continuamente seu potencial didático e alinhando-se às futuras demandas da Indústria 4.0.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Indústria 4.0 representa uma nova era na manufatura, caracterizada pela digitalização e integração de tecnologias avançadas como IoT, Big Data, computação em nuvem e sistemas ciberfísicos, promovendo eficiência, produtividade e flexibilidade nos processos produtivos (INFORCHANNEL, 2024). Essa transformação demanda profissionais com competências em instrumentação, controle de processos, análise de dados e comunicação em redes industriais.

A calibração, conforme definida pelo Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), é o conjunto de operações que estabelece, sob condições específicas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes de um padrão de referência. Essa prática assegura que os instrumentos fornecem medições precisas e confiáveis, sendo fundamental para a conformidade com normas técnicas e regulatórias, como a ISO/IEC 17025.

Lima Sobrinho et al. (2018) afirmam que o desenvolvimento de aulas práticas laboratoriais facilita o ensino e aprendizagem, permitindo que os alunos indaguem, reflitam e formem novas visões sobre os temas estudados.

No contexto educacional, a utilização de bancadas didáticas tem se mostrado eficaz para o ensino de conceitos complexos de forma prática e interativa (PINHO et al., 2021).

Uma deficiência comum em muitos cursos técnicos é a falta de laboratórios práticos que permitam aos alunos a realização da calibração de medidores de vazão em condições realistas. Tal carência compromete o desenvolvimento de habilidades essenciais para a atuação profissional no setor. A carência de bancadas de calibração para medição de vazão no ambiente acadêmico foi uma dificuldade observada durante a experiência docente dos autores no SENAI.

A percepção da importância de uma bancada didática no ambiente acadêmico surgiu durante os testes experimentais de uma bancada de calibração construída para o programa Smart Factory do SENAI em 2024, que seria posteriormente utilizada pelo Laboratório de Ensaios Metrológicos de Pernambuco (LEMPE).

A bancada aqui proposta, desenvolvida para integrar conceitos da Indústria 4.0, visa suprir essas necessidades práticas do ensino técnico. Ela opera com um circuito hidráulico fechado e possui componentes industriais como uma bomba centrífuga, reservatório, sensores de pressão e temperatura, e medidores de vazão. A presença de um medidor de vazão padrão com certificado de calibração válido é fundamental, permitindo que os alunos compreendam a base da calibração ao utilizá-lo como referência para outros medidores.

A integração de tecnologias como Controladores Lógico Programáveis (CLPs), Interfaces Homem-Máquina (IHMs) e sistemas supervisórios em bancadas didáticas proporciona uma experiência de aprendizado mais próxima da realidade industrial, promovendo o desenvolvimento de habilidades técnicas e analíticas essenciais para a atuação profissional. Para o controle do fluxo, a bancada utiliza a funcionalidade de controle Proporcional Integral Derivativo (PID) do CLP, com o setpoint definido diretamente na IHM.

Moio et al. (2023) demonstram que a utilização de simuladores didáticos integrados com tecnologias como IoT e computação em nuvem proporciona aos alunos uma compreensão prática dos conceitos da Indústria 4.0.

O projeto da UFPel (2023) enfatiza a importância da implantação de sistemas de instrumentação e sensoriamento inteligentes baseados em Internet Industrial das Coisas (IIoT) e IoT, promovendo a interação entre ensino, pesquisa e comunidade industrial.

A capacidade da bancada de simular um processo real com a recirculação de água e no reservatório, além de permitir a conexão de medidores com diferentes sinais (4-20mA, 0-10V, pulsos), a torna uma ferramenta robusta para o aprendizado prático da instrumentação industrial. A geração automática de relatórios de calibração a partir dos dados coletados em nuvem é um diferencial que alinha a prática didática com as exigências de rastreabilidade e conformidade normativa do ambiente industrial.

3 INFRAESTRUTURA TECNOLOGICA

A bancada didática para calibração de medidores de vazão foi desenvolvida com o objetivo de integrar teoria e prática no ensino técnico, com foco em conceitos da Indústria 4.0. Inicialmente concebida para demandas industriais, sua versatilidade permitiu a adaptação para fins educacionais, simulando condições reais de operação.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

3.1 Descrição da bancada

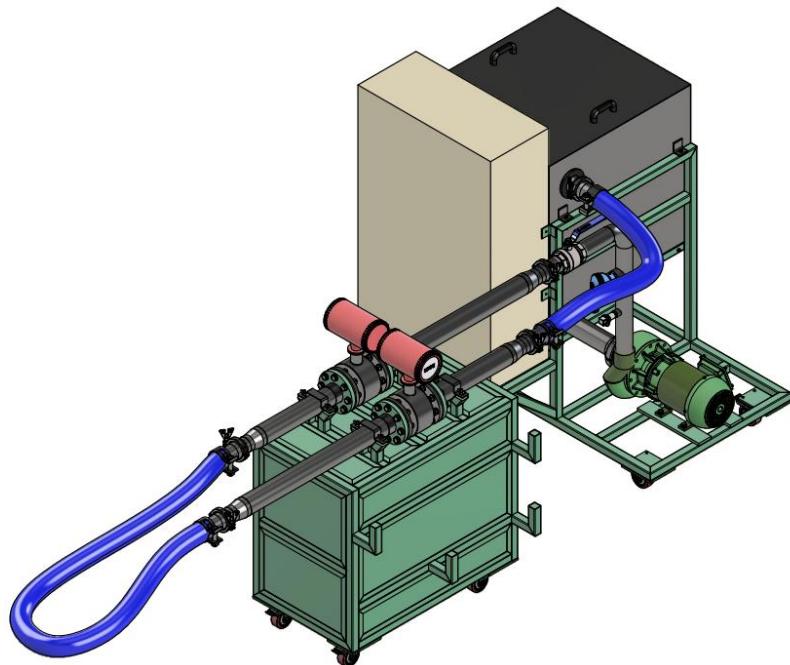
A bancada de calibração, ilustrada na “Figura 1”, é composta por um circuito hidráulico fechado, que inclui uma bomba centrífuga, um reservatório, e sensores de pressão e temperatura. O sistema conta com medidores de vazão, um dos quais é o padrão com certificado de calibração válido, utilizado como referência para calibrar outros medidores.

No painel de automação, estão instalados um Controlador Lógico Programável (CLP) com entradas e saídas analógicas e digitais, um inverter de frequência para acionamento da bomba, e uma Interface Homem-Máquina (IHM) tátil. Uma malha PID é implementada no CLP para regular a vazão com base na leitura do medidor padrão.

A bancada permite a conexão de diferentes tipos de medidores a serem calibrados (sinal 4-20mA, 0-10V ou pulsos), e a comunicação entre dispositivos ocorre via rede Profinet. Para a flexibilidade, a bancada dispõe de reduções de 3” a 1” de diâmetro para conexão de diversos instrumentos.

Um gateway IoT (Siemens IOT2050) permite o envio contínuo dos dados da calibração para uma aplicação em nuvem, na qual são armazenados, visualizados e utilizados para gerar relatórios de calibração automaticamente. A coleta e processamento dos dados são gerenciados por uma programação em Node-RED, que consiste numa ferramenta de desenvolvimento de baixo código visual, projetada para conectar dispositivos de hardware, aplicações e serviços online.

Figura 1: Bancada didática de calibração.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Todos os componentes utilizados são de padrão industrial, assegurando a relevância e a aplicabilidade prática do equipamento.

O sistema hidráulico opera em um circuito fechado com a recirculação da água no reservatório. A bomba promove a recirculação do fluido, que é retirado pela parte inferior do reservatório, conduzido pelo percurso no qual se encontra o medidor de vazão e os sensores de processo, e retorna pela parte superior do reservatório. Este arranjo permite a simulação de um escoamento contínuo, típico de processos industriais.

3.2 Proposta de atividades práticas e aplicações didáticas

A metodologia de ensino proposta para adoção com a bancada baseia-se na aprendizagem ativa, incentivando os alunos a participarem ativamente dos experimentos, interpretarem os resultados e correlacionarem os dados obtidos com os conceitos teóricos. A bancada não se limita à calibração, mas integra diversos componentes da automação industrial e tecnologias da Indústria 4.0, tornando-a uma ferramenta pedagógica multidisciplinar.

As atividades práticas podem ser desenvolvidas em diversas disciplinas, beneficiando principalmente o curso técnico de Automação Industrial:

Instrumentação industrial

A calibração de medidores de vazão é uma prática importante do curso. Com a bancada, os alunos podem realizar a calibração de medidores de diferentes tipos de sinal (4-20mA, 0-10V, pulsos) para o medidor a ser calibrado. Isso inclui a configuração inicial, coleta de dados, e comparação com o padrão, culminando na geração de relatórios de calibração.

O estudo de sensores, incluindo a análise do funcionamento e da leitura dos sensores de pressão e temperatura em um ambiente de processo, também é uma atividade que pode ser realizada na bancada.

Controle de processos

A configuração e ajuste de malha PID, conhecida como uma das técnicas de controle aprendidas no curso de automação industrial, pode ser estudada na bancada, na qual os alunos poderão configurar, sintonizar e testar a malha de controle PID no CLP para manter a vazão em setpoints definidos na IHM, observando o impacto dos parâmetros na resposta do sistema.

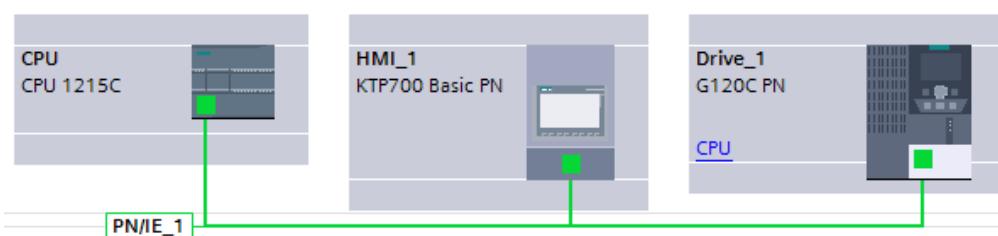
As simulações de escoamento contínuo facilitam a compreensão da recirculação do fluido e como esse arranjo simula um escoamento contínuo, típico de processos industriais.

Redes industriais

A configuração de rede implementada no sistema, possibilita a análise da comunicação de alta velocidade e confiabilidade via rede Profinet entre o inversor de frequência, o CLP e a IHM, utilizando o software TIA Portal para visualização da arquitetura de rede.

A compreensão de como dispositivos de medição são conectados à IHM por meio de redes industriais, como Profinet, é essencial durante aprendizagem na automação industrial, na “Figura 2”, pode ser observada a configuração de hardware com interligação da rede Profinet realizada em software Tia Portal Siemens.

Figura 2: Configuração da conectividade pelo Software TiaPortal



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

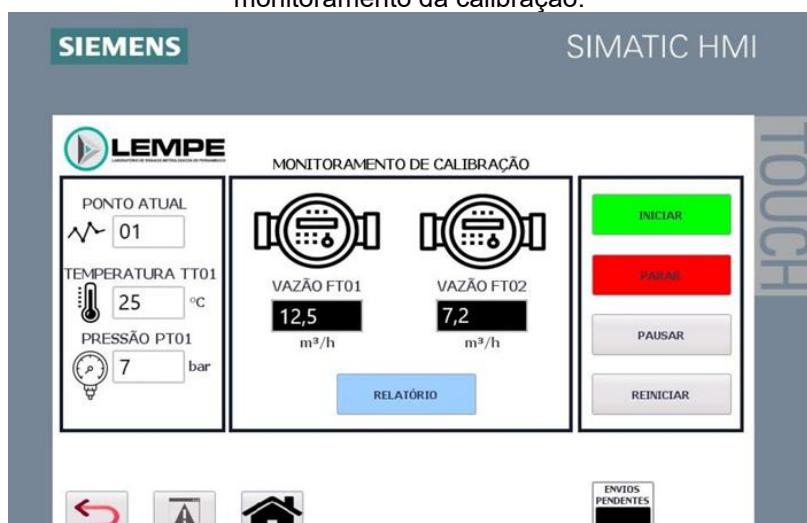
15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Sistemas Supervisórios

Toda operação e monitoramento do processo possibilitam aos alunos uma interação com a IHM para operar o sistema, visualizar em tempo real as variáveis de processo (vazão, temperatura, pressão), permitindo também gerar relatórios de calibração.

A “figura 3” exibe a tela principal da IHM da bancada, na parte direita da tela, encontram-se os botões de controle operacional de iniciar, parar, pausar e reiniciar, e ao centro, o botão de geração de relatório. Na parte esquerda da tela, tem-se as variáveis de temperatura e pressão atual do sistema e a amostra atual que está sendo coletada na calibração.

Figura 3: Imagem da IHM da Bancada de calibração na tela principal de monitoramento da calibração.

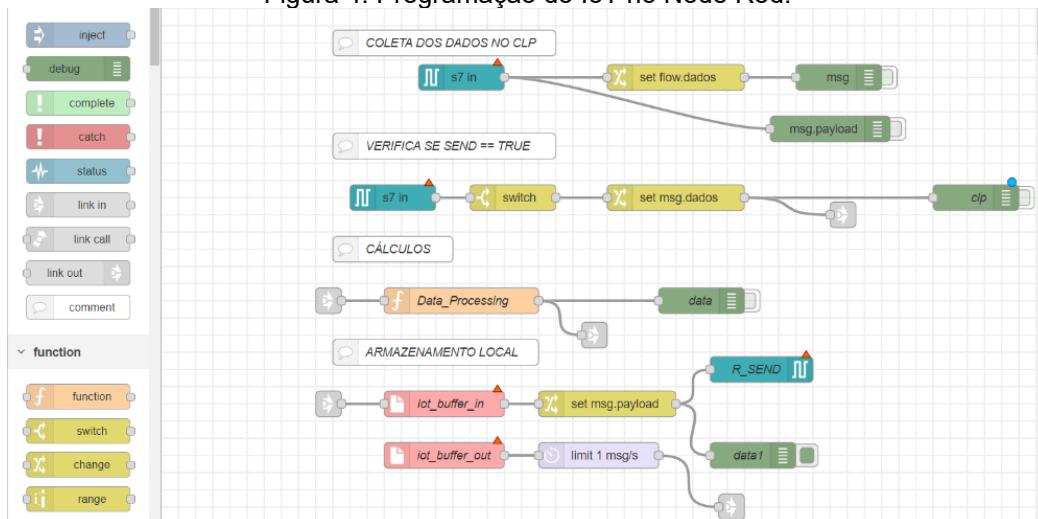


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Tecnologias da indústria 4.0

A coleta e processamento de dados via IoT é realizada por meio da exploração da plataforma Node-RED para entender como os dados são coletados, processados e enviados do CLP para a base de dados em nuvem, é um dos artifícios utilizados na indústria 4.0. Na “Figura 4”, está a lógica de programação em Node Red para envio de dados do dispositivo IoT para nuvem.

Figura 4: Programação do IoT no Node Red.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

A geração de relatórios automatizados é obtida por meio da análise do processo de geração automática de relatórios de calibração no aplicativo web, um recurso essencial para rastreabilidade e conformidade normativa. Na “Figura 5”, está um modelo de relatório emitido por aplicativo web que recebe dados do IoT.

Figura 5: Modelo de relatório de calibração gerado no aplicativo do sistema.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

 **LEMPE**
LABORATÓRIO DE ENSAIOS METROLÓGICOS DE PERNAMBUCO

Laboratório de Ensaios Metrológicos de Pernambuco
 Rua Monsenhor Júlio Maria 323 - Prado - Recife - PE
 Fone(81) 3314-5102 / 4114-0220 / 3446-3002
 Cnpj - 19.886.692/0001-45 / Insc. Estadual - 0636725-96

Nº 29

1. CLIENTE:

Nome: Safya SA
 Endereço: Rua Ataulfo

2. CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO CALIBRADO

Descrição: Medidor de vazão entrada
 Princípio de funcionamento: Vortex

4. MEDIDOR :

Marca: **23ds4a** Modelo: **Tag:** Diametro Nominal:

5. CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura (°C): **23** Umidade (%): **50** P. Atmosférica (hPa): **1013**

6. MÉTODO OPERACIONAL:

Método de comparação em série, direta e simultânea em meio de vazão controlado entre padrão de referência e instrumento em calibração.

7. RASTREABILIDADE

Cód. Item	Descrição	Calibração válida até	Laboratório	nº Certificado

8. RESULTADOS:

Vazão de referência L/h	Vazão no instrumento em calibração	Erro %	Incerteza de medição %	K	Veff
65	66	1.5464	2.2416	2	infinito
65	65	0.2222	0.5609	2	infinito
64	66	0.074	0.2293	2	infinito

Fluido utilizado: Água
 Massa específica do fluido: **1000,00** $\pm 0,3$ kg/m³ Temperatura do fluido: **$\pm 0,3^\circ\text{C}$**

9. OBSERVAÇÕES:

- A incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, que para uma distribuição t-Student correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

- Os resultados deste certificado se refere unicamente ao instrumento calibrado.

Data da calibração: **23/05/2025** Data da emissão: **23/05/2025** Executado por: **Matheus** Resp. Técnico: **Claudio Moraes**

1 / 1

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A versatilidade da bancada permite não apenas exercícios de calibração, mas também a exploração de malhas de controle, diagnóstico de falhas, comunicação industrial e integração com gêmeos digitais, enriquecendo a formação dos estudantes. A incorporação de componentes de padrão industrial garante a relevância e aplicabilidade prática do equipamento na formação de profissionais aptos a atuar eficazmente no campo.

Para avaliar o potencial pedagógico da bancada, foi conduzida uma consulta técnica pela equipe de consultoria do setor de indústria 4.0 do Senai Pernambuco, com docentes da área de automação industrial do SENAI, por meio de preenchimento em formulário digital.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, com o objetivo de analisar a aplicabilidade de uma bancada de calibração de vazão como recurso didático em cursos técnicos. A metodologia foi dividida em duas frentes: (i) a definição e planejamento das atividades didáticas com a bancada, e (ii) a realização de uma consulta técnica com docentes especialistas da área.

As atividades pedagógicas propostas foram organizadas com base em metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e projetos integradores. A bancada será utilizada em práticas divididas em módulos temáticos, permitindo aos estudantes atuarem diretamente na configuração de sensores, calibração de medidores, programação de malhas de controle e análise de dados via IoT.

As práticas serão conduzidas em grupos com roteiros orientativos, promovendo protagonismo estudantil e interdisciplinaridade. A avaliação será realizada com base na execução técnica dos experimentos, interpretação dos dados e elaboração de relatórios técnicos. Além disso, foi realizada uma consulta técnica com oito docentes do SENAI Pernambuco, todos especialistas em Automação Industrial.

O objetivo foi colher percepções sobre a aplicabilidade didática da bancada, sua utilidade e impacto potencial no ensino técnico. A coleta de dados foi realizada por meio de formulário digital com questões fechadas, estruturado pela equipe de consultoria do setor de Indústria 4.0 do SENAI Pernambuco. A análise dos resultados buscou validar preliminarmente a proposta e identificar as potencialidades e limitações percebidas pelos docentes.

Construída com base em critérios industriais que garantem sua robustez, precisão e segurança, a bancada será utilizada no ensino por meio de uma abordagem pedagógica ativa, que inclui a PBL e projetos integradores.

Pretende-se utilizar a bancada em contextos educativos nos quais os estudantes possam atuar diretamente na configuração de sensores, calibração de medidores, programação de rotinas de controle, simulação de falhas e emissão de relatórios de calibração, simulando a dinâmica de uma planta industrial real.

As atividades serão conduzidas em grupos, com o suporte de roteiros orientativos, avaliação por desempenho prático, e incentivo à autoavaliação e reflexão crítica sobre os dados gerados. Essa abordagem visa promover protagonismo estudantil, interdisciplinaridade e alinhamento com as competências exigidas na Indústria 4.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora os resultados da consulta com docentes tenham sido amplamente favoráveis, é importante destacar que a bancada ainda não foi aplicada formalmente em atividades regulares com estudantes. Como trata-se de um protótipo em fase de inserção acadêmica, ainda não há dados objetivos sobre desempenho discente ou impacto direto no aprendizado.

Portanto, os resultados apresentados representam uma validação preliminar baseada na percepção de especialistas, sendo necessária uma futura etapa de avaliação com aplicação prática em sala de aula e análise sistemática dos indicadores de aprendizagem, na qual disciplinas como Instrumentação Industrial, Controle de Processos, Redes Industriais e sistemas supervisórios podem se beneficiar da interação com o equipamento.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

A possibilidade de visualização em tempo real de variáveis, a configuração de setpoints, o controle por malhas fechadas e o uso de IoT configuram uma experiência que aproxima os estudantes da realidade fabril. Além disso, a bancada permite a aplicação de metodologias ativas, como aprendizagem baseada em problemas (PBL) e projetos integradores.

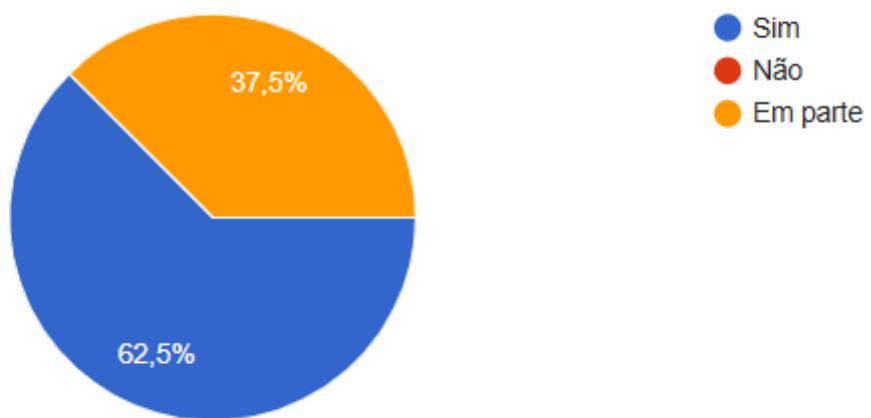
A consulta técnica realizada teve a participação de oito professores que atuam na instituição Senai Pernambuco, que responderam a uma consulta técnica contendo questões fechadas sobre a ausência de bancadas práticas, os desafios no ensino de calibração e a importância da integração com tecnologias da Indústria 4.0.

A consulta técnica revelou percepções importantes dos docentes. Primeiramente, a maioria expressou a necessidade de mais recursos práticos para o ensino de calibração:

62,5% dos docentes afirmaram que há uma defasagem de recursos práticos adequados, enquanto 37,5% consideraram que há em parte. Este resultado inicial ressalta a lacuna que a bancada proposta busca preencher, conforme ilustra o gráfico da “Figura 6”.

Figura 6: Gráfico do resultado da consulta técnica realizada, defasagem de recursos práticos para o ensino de calibração.

8 respostas



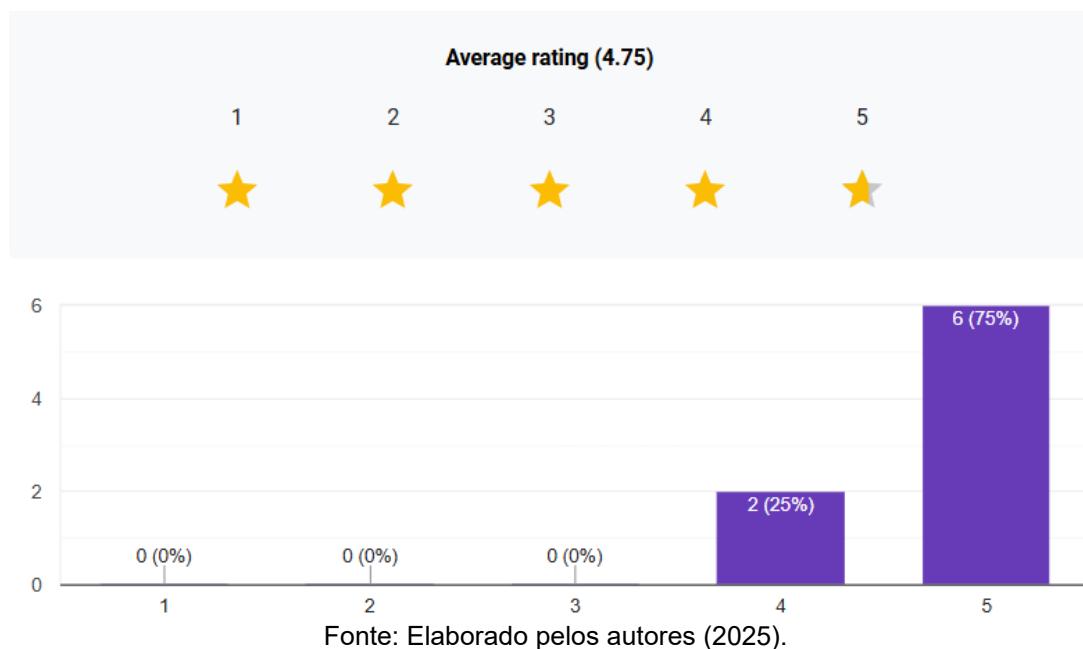
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quando questionados sobre a contribuição da bancada didática para o aprendizado dos alunos em disciplinas de instrumentação e controle, a percepção foi altamente positiva: 75% dos professores atribuíram a nota máxima (5) para uma contribuição significativa, e os 25% restantes atribuíram nota 4, o que demonstra um forte reconhecimento do potencial pedagógico da bancada, conforme evidenciado no gráfico da “Figura 7”.

Os resultados evidenciam um alto nível de aprovação quanto à efetividade da bancada didática no processo de ensino-aprendizagem. A totalidade das respostas indicou percepções positivas, com 100% dos participantes atribuindo notas 4 ou 5 à contribuição do equipamento para o aprendizado em disciplinas de instrumentação e controle. Embora a coleta tenha se restringido a questões fechadas, a uniformidade das avaliações aponta para uma percepção consolidada entre os docentes quanto ao potencial pedagógico da solução proposta.

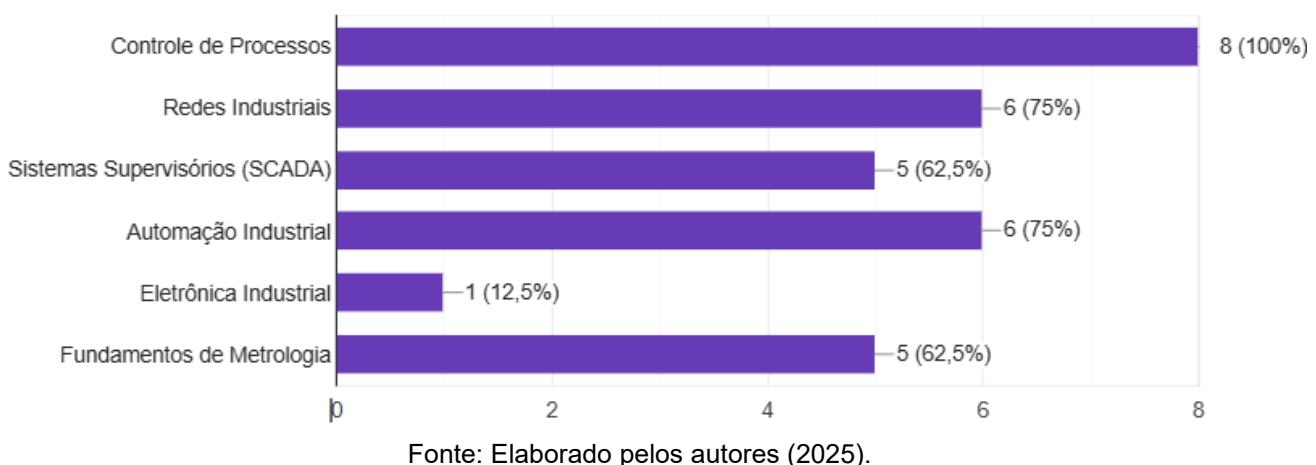
15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Figura 7: Gráfico do resultado da consulta técnica realizada, avaliação sobre contribuição significativa para o aprendizado em disciplinas de instrumentação.



A versatilidade da bancada didática para aplicação em diversas disciplinas foi unanimemente reconhecida pelos docentes. Todos os professores indicaram a possibilidade de utilizá-la em mais de uma disciplina, com destaque para Controle de Processos (100% de menções), Redes Industriais (75%), Sistemas Supervisórios (SCADA) (62,5%), Automação Industrial (75%) e Fundamentos de Metrologia (62,5%). Este resultado reforça o caráter multidisciplinar da bancada, como detalhado no gráfico da “Figura 8”.

Figura 8: Gráfico do resultado da consulta técnica realizada, possibilidade do uso da bancada em disciplinas diversas.

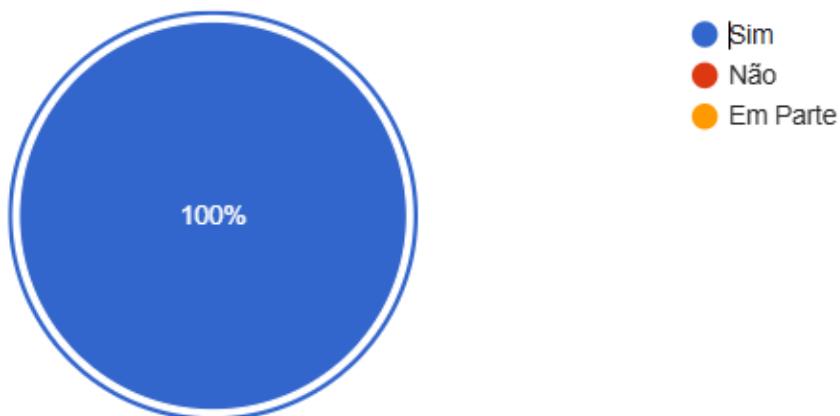


Por fim, a relevância da integração das tecnologias da Indústria 4.0 na bancada para a preparação dos alunos para o mercado de trabalho foi um ponto de total concordância. 100% dos docentes afirmaram que a incorporação de CLP, IHM, Profinet, IoT e computação em nuvem na bancada prepara os estudantes para as demandas atuais da indústria, conforme ilustra o gráfico da “Figura 9”.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Figura 9: Gráfico do resultado da consulta técnica realizada, relevância para o mercado do trabalho sobre a integração das tecnologias da indústria 4.0.

8 respostas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A proposta prevê a inserção da bancada em atividades de ensino regular, projetos integradores e formação continuada de professores. Sua versatilidade permite não apenas exercícios de calibração, mas também a exploração de malhas de controle, diagnóstico de falhas, comunicação industrial e integração com gêmeos digitais.

6 CONCLUSÕES

A bancada didática para calibração de medidores de vazão desenvolvida representa uma contribuição significativa para o ensino técnico, proporcionando uma plataforma prática e interativa para o aprendizado de conceitos fundamentais da instrumentação industrial. Ao integrar tecnologias da Indústria 4.0, o equipamento prepara os alunos para as demandas atuais do setor, promovendo uma formação mais completa e alinhada às exigências do mercado.

A experiência prática que pode ser proporcionada pela bancada supre uma lacuna existente na formação técnica, especialmente em cursos de Automação Industrial, nos quais a instrumentação é abordada como disciplina e não como curso específico.

A proposta apresentada pode ser expandida para incluir outras variáveis de processo para controle ou calibração de instrumentos, como nível, temperatura e pressão, além da integração com gêmeos digitais e plataformas de análise de dados em nuvem, ampliando ainda mais seu potencial pedagógico.

Olhando para o futuro, o roteiro de evolução do projeto reforça o compromisso de manter a plataforma como uma ferramenta de vanguarda. A expansão planejada garantirá que a bancada permaneça perpetuamente alinhada aos avanços da Indústria 4.0, adaptando-se às novas demandas do setor.

A consulta técnica feita junto a docentes confirmou a necessidade de recursos práticos mais completos, e apontou a pertinência da proposta. Espera-se realizar aplicações formais com turmas regulares e sistematizar os resultados em termos de impacto no processo de ensino-aprendizagem.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas (PPGES) da Universidade de Pernambuco, pelo apoio institucional, e aos orientadores Prof. Dr. Gustavo Oliveira Cavalcanti, Prof. Dr. Jornandes Dias da Silva e Prof. Dr. Rodrigo de Paula Monteiro, pela orientação acadêmica no desenvolvimento deste trabalho, vinculado às atividades formativas dos autores mestrandos.

Estendemos nossos agradecimentos às instituições de ensino envolvidas, aos professores participantes da consulta técnica e, em especial, à equipe de Indústria 4.0 do SENAI Pernambuco, pela participação no projeto e pelo apoio no desenvolvimento da bancada didática, cuja experiência prática foi fundamental para o sucesso da iniciativa.

REFERÊNCIAS

Artigos de periódicos:

INFORCHANNEL. Indústria 4.0. transformação digital pode aumentar eficiência de processos até 2025. São Paulo, 25 set. 2024. Disponível em: <https://inforchannel.com.br/2024/09/25/industria-4-0-transformacao-digital-pode-aumentar-eficiencia-de-processos-ate-2025/>. Acesso em: 05 jul. 2025.

LIMA SOBRINHO, Fernanda Stefanny et al. O uso de laboratórios como uma intervenção pedagógica do PIBID de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Alagoas-UNEAL. *Diversitas Journal*, v. 3, n. 2, p. 359–363, 2018. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/534. Acesso em: 04 jul. 2025.

MOIO, Bruno et al. Implantação de conceitos da Indústria 4.0 em simulador didático de linha de produção. *Revista Brasileira de Mecatrônica*, v. 7, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revistabrmecatronica.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/256>. Acesso em: 04 jul. 2025.

OLIVEIRA, J. et al. Ensino de Automação Industrial Integrado à Indústria 4.0. *Revista Brasileira de Ensino Tecnológico*, v. 5, n. 2, p. 25–32, 2020.

PINHO, André Gurgel; OLÍMPIO, Edmar Júnior Silva; CABRAL, Lucas Moreira; OLIVEIRA FILHO, Renato Milhomem de; SILVA, Brunna Carolinne Rocha; FURRIEL, Geovanne Pereira; MELO JUNIOR, Gilberto de. Desenvolvimento de bancada didática contendo múltiplos sensores e atuadores. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, e222101321165, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21165>. Acesso em: 05 jul. 2025.

Projetos Institucionais:

UFPel. Projeto em implantação de sistemas de instrumentação e sensoriamento inteligentes baseados em tecnologia IIoT e IoT atrelados à indústria 4.0. 2023. Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u6502>. Acesso em: 03 jul. 2025.

REALIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



Abstract: This article presents a pedagogical proposal for the application of a flowmeter calibration bench, originally developed for industrial purposes but which can be used for educational purposes in technical and professional training. The initiative is aligned with Industry 4.0 concepts and seeks to provide students with a practical and interdisciplinary learning environment, integrating theoretical knowledge with applied experience. The bench is equipped with smart sensors, programmable controllers, human-machine interfaces, industrial communication protocols, and cloud connectivity, enabling the simulation and analysis of real industrial scenarios. The proposal was validated through feedback from technical education faculty, who highlighted its potential to improve student engagement and learning outcomes in automation and instrumentation courses.

Keywords: Technical Education; Industry 4.0; Flow Calibration; Didactic Bench; Instrumentation.

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



