

Desenvolvimento de Bancadas Didáticas de Controle de Processos no IFMaker Salto

Nilson Roberto Inocente Júnior¹, Érico Pessoa Félix¹, Fabíola Tocchini de Figueiredo Kokumai¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Campus Salto.

{inocente,ericopfelix,fabiolatdef}@ifsp.edu.br

Abstract. *This article deals with the development of Didactic Process Control Benches, for the implementation of practical activities in the technical and higher courses of Industrial Automation and Control at IFSP Campus Salto. The importance of the Maker Laboratory as a space for the development of low-cost and accessible projects for all types of educational institutions is emphasized. A brief report is made of the process of design and construction of the didactic benches, resulting in a set of completely functional equipment able to meet the needs of the courses, which is proven through tests carried out with teachers and students.*

Resumo. *Este artigo trata do desenvolvimento de Bancadas Didáticas de Controle de Processos, para implementação de atividades práticas nos cursos técnicos e superiores de Automação Industrial e Controle do IFSP Campus Salto. Ressalta-se a importância do Laboratório Maker como espaço para o desenvolvimento de projetos de baixo custo e acessíveis para todos os tipos de instituições de ensino. É feito um breve relato do processo de concepção e construção das bancadas didáticas, resultando em um conjunto de equipamentos completamente funcionais e aptos a atender às necessidades dos cursos, o que se comprova por meio de testes realizados com professores e alunos.*

1. Introdução

A crescente demanda por profissionais qualificados em Automação e Controle de Processos exige que instituições de ensino invistam em soluções práticas e acessíveis para complementar a formação teórica [Carvalho 2017] [Machado e Almeida 2021]. Um grande desafio reside na disponibilização de laboratórios com equipamentos para aplicar e consolidar o conhecimento teórico.

Do ponto de vista didático, experimentos que simulam situações reais de controle aumentam o engajamento dos alunos e proporcionam aprendizado eficiente e significativo [Abreu 2018] [Oliveira et al. 2017], contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados.

Bancadas didáticas de controle de processos são essenciais para cursos técnicos e superiores na área de Controle e Automação, mas seus altos custos comerciais dificultam a adoção em larga escala [Abreu 2018] [Mendes et al. 2020]. A busca por tecnologias de baixo custo pode democratizar o ensino, permitindo que instituições com orçamentos limitados ofereçam qualidade [Abreu 2018] [Oliveira et al. 2017] [Silva et

al. 2020]. A busca de tecnologias de baixo custo pode contribuir para a busca de soluções que sejam capazes de promover democratização do ensino, viabilizando que instituições com orçamentos limitados também possam oferecer ensino de qualidade. [Abreu 2018] [Oliveira et al. 2017] [Silva et al. 2020].

Nesse contexto, os Laboratórios Maker se destacam como uma alternativa viável e inovadora para o desenvolvimento de equipamentos e recursos didáticos. Esses espaços colaborativos, equipados com ferramentas e tecnologias acessíveis, permitem que professores e alunos projetem e desenvolvam seus equipamentos, promovendo uma aprendizagem ativa e interdisciplinar, além de incentivar a inovação e o desenvolvimento de soluções adaptadas às necessidades específicas de cada instituição [Costa e Santos, 2019].

O LabIFMaker Salto (Figura 1) é o Laboratório Maker do IFSP Campus Salto. É um espaço bastante amplo, capaz de promover atividades didáticas, de pesquisa e extensão, sendo um local de integração entre alunos de diferentes cursos e servidores. Esse laboratório é dotado de uma série de equipamentos, como cortadoras CNC laser, impressoras 3d, computadores, ferramentas manuais e elétricas. Foi nele que os trabalhos relatados neste artigo foram realizados.



Figura 1. LabIFMaker do IFSP Campus Salto

2. Materiais e Métodos

Uma bancada de Controle de Processos é um sistema experimental utilizado para estudo, desenvolvimento e validação de técnicas de controle automático aplicadas a processos industriais. Essas bancadas são amplamente empregadas em laboratórios acadêmicos e centros de pesquisa para testar algoritmos de controle, validar modelos matemáticos e aprimorar o ensino de sistemas dinâmicos [Ogata 2010].

Os principais componentes de uma bancada incluem sensores para medição de variáveis do processo, atuadores como válvulas e motores. Externamente pode se comunicar com um controlador digital (como um CLP ou microcontrolador) e uma Interface Homem-Máquina (IHM) para monitoramento e operação [Astrom e Murray 2008]. Dependendo da aplicação, a bancada pode simular processos de temperatura, nível, vazão, pressão e outros sistemas dinâmicos presentes na indústria [Seborg et al 2010].

Na Figura 2 temos a foto e o diagrama esquemático de um equipamento disponível comercialmente.

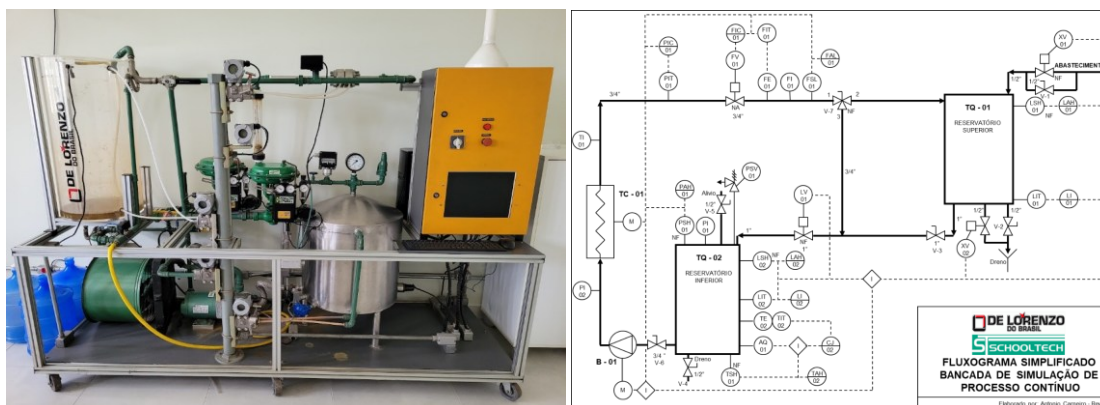


Figura 2. Foto e Diagrama de Processo e Instrumentação de uma bancada didática comercial.

Esses sistemas permitem a implementação de diversas estratégias de controle, como controle PID, controle preditivo e técnicas baseadas em inteligência artificial, possibilitando o desenvolvimento de soluções mais eficientes e seguras para a automação industrial [Dorf e Bishop 2011].

Após verificar alguns dos modelos disponíveis no mercado, seus recursos e características, projetamos uma versão inicial das bancadas, que consistia em um sistema em escala reduzida e bastante simplificado da versão comercial, conforme mostrado na Figura 3. O sistema consistiria de dois reservatórios, cada um dotado de sensores de nível analógicos e digitais, sensores de fluxo e bombas, além de um sistema de trocador de calor.

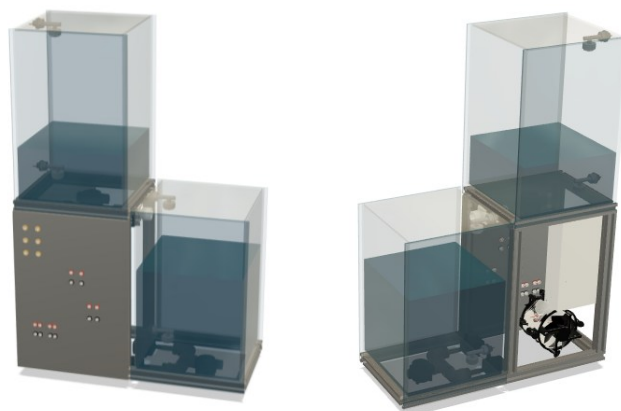


Figura 3. Concepção inicial do projeto das Bancadas de Controle de Processos.

A versão inicial passou por uma evolução e foram acrescentados mais alguns elementos, como uma resistência de aquecimento e um agitador no reservatório inferior. Houve também uma mudança de concepção na geometria das bancadas, que passaram a ser em forma de coluna, com rodinhas para locomoção e dotada de uma caixa de comandos, com um painel de conexões. A Figura 4 mostra a concepção do projeto e o seu diagrama de processo e instrumentação. Na Tabela 1 estão listados os componentes

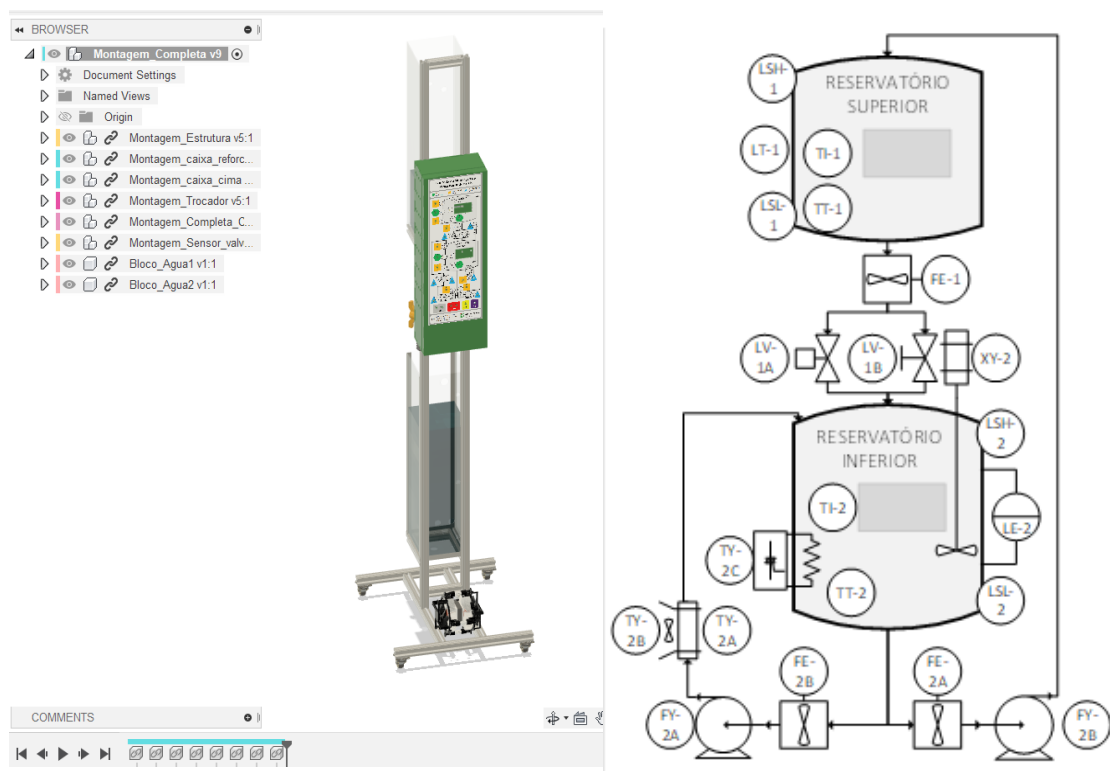


Figura 4. Imagem de projeto e Diagrama de Processo e Instrumentação da bancada desenvolvida no LabIFMaker Salto.

Tabela 1: Componentes utilizados na bancada

Referência	Descrição	Detalhes
R1	Reservatório Superior	Construção em Acrílico, Policarbonato ou Poliestireno.
LSH-1 e LSL-1	Chaves de nível (alto e baixo do Reservatório Superior)	Chave boia horizontal
LE-1	Sensor de nível do Reservatório Superior	Sensor de Pressão (Sensor de Pressão Diferencial 40KPa PSG010R)
LV-1A	Válvula de esvaziamento do Reservatório Superior	Válvula Solenoide 12V com conexões de 1/2"
LV-1B	Válvula manual de esvaziamento do Reservatório Superior	Válvula de esfera em PVC ou metal
FE-1	Sensor de Vazão da Saída do Reservatório Superior	Sensor de vazão para água do tipo YF-S201 ou YF-S401
LSH-2 e LSL-2	Chaves de nível (alto e baixo do Reservatório Inferior)	Chave boia horizontal
LE-2	Sensor de nível do Reservatório Inferior	Sensor de Pressão (Sensor de Pressão Diferencial 40KPa PSG010R)
FE-1	Sensor de Vazão da Saída do Reservatório Superior	Sensor de vazão para água do tipo YF-S201 ou YF-S401
FY-2A	Bomba de elevação	Bomba 12V

FY-2B	Bomba de Recirculação do Trocador de Calor	Bomba 12V
TY-2A	Trocador de Calor com Peltier	Conjunto com Water Block de Alumínio e 2 pastilhas de Peltier (TEC-1206)
TY-2B	Coolers de Refrigeração	Cooler e dissipador padrão de computadores (Intel LGA115X)
TE-2	Sensor de Temperatura do Reservatório Inferior	Sensor de temperatura (LM-35) instalado dentro de um poço térmico.
TY-2C	Resistência Elétrica e Driver	Resistência 500W 220V e Driver de Controle por ângulo de Fase
XY-2	Agitador	Motor e Agitador
(Sem Referência)	Termostato Mecânico (Segurança)	Termostato mecânico 50°C, Normalmente Fechado

A fabricação dos protótipos foi realizada utilizando os recursos e equipamentos do LabIFMaker Salto. Esse processo ainda possibilitou que fosse realizada uma exploração das máquinas de prototipagem disponíveis no laboratório. Em especial, foram testados parâmetros da Máquina de Corte a Laser para diferentes tipos de materiais, com o intuito de se obter as melhores condições de corte, o que foi imprescindível para a posterior fabricação das peças do projeto. Algo semelhante foi feito com as Impressoras 3d.

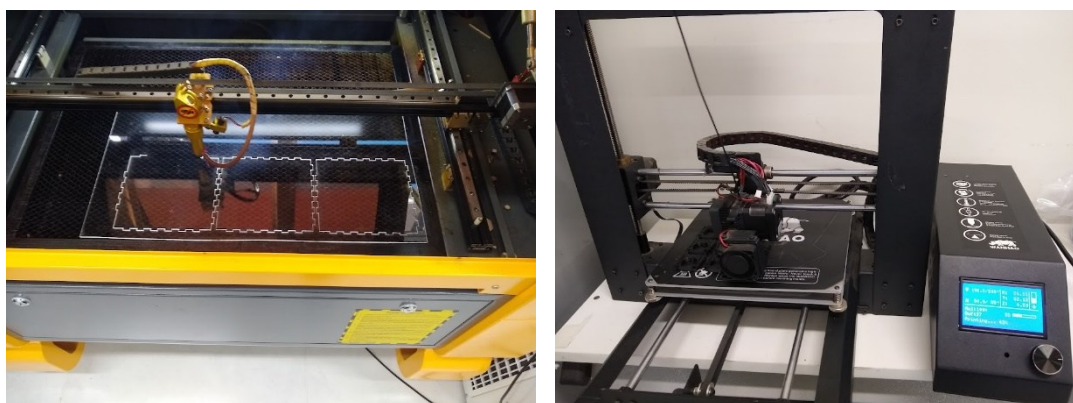


Figura 5. Etapas de fabricação dos protótipos, com utilização de CNC Laser (direita) e Impressoras 3D (esquerda) do LabIFMaker Salto.

O projeto contou com o auxílio de dois bolsistas do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação do IFSP Campus Salto, que participaram ativamente de todas as etapas, desde a concepção, projeto e modelamento, fabricação de componentes e montagem, testes de avaliação preliminares e correções.

3. Resultados Obtidos

O maior resultado decorrente da realização deste projeto foi a construção de um conjunto de sete bancadas de simulação de processos industriais (Figura 7), que encontram-se em estado plenamente funcional e capazes de serem utilizadas nas atividades práticas dos cursos do IFSP Campus Salto.

Uma vez finalizada a construção do conjunto de bancadas, procedeu-se à validação do equipamento em laboratório. Neste caso, foi utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP) da marca Altus, modelo Training Box Duo, que possui um painel de entradas e saídas com conexões do tipo banana de 4mm, exatamente as mesmas utilizadas nas bancadas que foram desenvolvidas neste projeto.



Figura 6. Conjunto das Bancadas de Simulação de Processos Industriais desenvolvidas.

O teste de validação foi realizado baseando-se em uma aula típica de CLP do curso Técnico em Automação Industrial, com abordagem de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) [Casale 2013] [Ribeiro e Mizukami 2004]. Os alunos foram convidados a resolver um problema de bombeamento de água, utilizando os sensores e atuadores do kit.

Esse tipo de problema é muito utilizado nas aulas de CLP, e geralmente utilizam-se chaves e leds para simular o comportamento dos sensores e atuadores. A bancada de simulação foi capaz de proporcionar uma experiência muito mais divertida e significativa para os estudantes, segundo seus próprios relatos.



Figura 7. Integração da bancada didática com um sistema de CLP e registro das atividades de validação com os alunos.

4. Conclusões e Perspectivas Futuras

Neste artigo foi apresentado o desenvolvimento de bancadas didáticas para o ensino de Controle de Processos, com finalidade de aplicação nos cursos técnicos e superiores na área de Controle e Automação Industrial do IFSP Campus Salto.

Este projeto se mostrou uma experiência muito exitosa para a instituição e uma oportunidade singular de aprendizado para todos os que estiveram envolvidos com o seu desenvolvimento. A estrutura de um Laboratório Maker foi fundamental para que se pudesse desenvolver o projeto de maneira ágil e a uma fração do custo de equipamentos disponíveis comercialmente.

Esperamos que outras instituições também possam se inspirar neste projeto, replicando e aperfeiçoando os equipamentos que desenvolvemos. Para isso estamos desenvolvendo meios de documentar e tornar públicos todos os desenhos, esquemas e especificações técnicas do projeto.

Referências

- ABREU, Rafael N. Fundamentos de Controle de Processos. São Paulo: Editora Técnica, 2018.
- ASTROM, K. J.; MURRAY, R. M. *Feedback systems: an introduction for scientists and engineers*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- CARVALHO, João M. Automação Industrial: Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- CASALE, Adriana. Aprendizagem Baseada em Problemas: desenvolvimento de competências para o ensino em engenharia. 2013. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18157/tde-12092013-085201/pt-br.php>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- COSTA, Marcos A.; PEREIRA, Luana S.; ALMEIDA, Júlio C. Desenvolvimento de Bancadas Didáticas de Baixo Custo para Ensino de Controle de Processos. São Paulo: Editora Universitária, 2021.
- COSTA, R. F.; SANTOS, A. P. Inovação na educação técnica: o papel dos laboratórios makers no ensino de automação industrial. *Revista Brasileira de Educação Tecnológica*, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2019.
- DORF, R. C.; BISHOP, R. H. *Sistemas de controle automático*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- MACHADO, L. P.; ALMEIDA, J. C. Aprendizagem ativa e desenvolvimento de protótipos: uma abordagem maker no ensino de controle de processos. *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, v. 5, p. 101-112, 2021.
- MENDES, Rogério F.; SILVA, Mariana P.; OLIVEIRA, Paula S. Controle de Processos: Novas Tecnologias e Aplicações Didáticas. Belo Horizonte: Editora Universitária, 2020.

- OGATA, K. *Engenharia de controle moderno*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- OLIVEIRA, Paula S. *Controle de Processos: Teoria e Prática*. Belo Horizonte: Editora Universitária, 2017.
- RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo; MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. Uma Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Pós-Graduação em Engenharia sob a Ótica dos Alunos. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, Londrina, v. 25, n. 2, p. 121-134, jul./dez. 2004. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/3815>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- SANTOS, Carlos E. *Tecnologias em Automação e Controle: Práticas e Experimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- SEBORG, D. E.; EDGAR, T. F.; MELLICHAMP, D. A.; DOYLE, F. J. *Process dynamics and control*. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
- SILVA, M. T.; OLIVEIRA, R. F.; FERREIRA, P. L. Desafios e soluções para a implementação de laboratórios didáticos de automação em instituições públicas. *Revista de Ensino em Engenharia*, v. 26, n. 1, p. 77-92, 2020.