Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31959

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CONTROLES INDUSTRIAIS BASEADO EM METODOLOGIAS ATIVAS

A PROPOSAL FOR TEACHING INDUSTRIAL CONTROL BASED ON ACTIVE LEARNING METHODOLOGIES

UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE CONTROLES INDUSTRIALES BASADA EN METODOLOGÍAS ACTIVAS

Gustavo da Silva Viana[1]

RESUMO: Este artigo apresenta uma proposta de ensino de Controles Industriais baseada na combinação de Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Baseada em Projetos. Na etapa inicial, problemas de controle de nível, temperatura e sistemas com atraso foram utilizados para contextualizar ferramentas clássicas de análise e projeto. Na etapa integradora, os estudantes desenvolveram, em grupos, um sistema de controle de nível de tanque em ambiente virtual, empregando Factory I/O e CODESYS, com implementação de controlador e análise iterativa de desempenho. A experiência sugere que projetos contextualizados podem aproximar conteúdos de controle clássico das práticas de automação industrial.

Palavras-chave: Metodologias ativas. Ensino de engenharia. Controle de processos.

ABSTRACT: This article presents a proposal for teaching Industrial Control by combining Problem-Based Learning and Project-Based Learning. In the initial stage, problems involving tank level, temperature, and systems with time delay were used to contextualize classical analysis and design tools. In the integrative stage, students worked in groups to develop a tank-level control system in a virtual environment using Factory I/O and CODESYS, implementing a controller and iteratively assessing its performance. The experience suggests that contextualized projects can connect classical control concepts with industrial automation practice.

Keywords: Active learning methodologies. Engineering education. Process control.

RESUMEN: Este artículo presenta una propuesta para la enseñanza de Controles Industriales mediante la combinación del Aprendizaje Basado en Problemas y del Aprendizaje Basado en Proyectos. En la etapa integradora, los estudiantes trabajaron en grupos para desarrollar un sistema de control de nivel de un tanque en un entorno virtual, utilizando Factory I/O y CODESYS, implementando un controlador y evaluando iterativamente su desempeño. La experiencia sugiere que los proyectos contextualizados pueden conectar los conceptos clásicos de control con la práctica de la automatización industrial.

Palabras clave: Metodologías activas. Enseñanza de ingeniería. Control de procesos.

[1]Professor. Doutor (D.Sc), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

O ensino de controle industrial exige que os estudantes articulem fundamentos matemáticos, interpretação física de processos, modelagem, análise dinâmica, projeto de controladores e implementação em sistemas de automação. Embora esses conteúdos possam ser apresentados de forma organizada em aulas expositivas e exercícios analíticos, a passagem entre o modelo matemático e o comportamento observado em uma planta nem sempre é evidente para quem está aprendendo. Essa dificuldade se torna especialmente relevante quando o estudante precisa considerar atrasos, perturbações, limites de atuadores e diferenças entre a resposta prevista e a resposta obtida em simulação.

As metodologias ativas oferecem uma alternativa para organizar o ensino em torno de problemas que demandam participação, tomada de decisão e aplicação integrada de conhecimentos. Na Aprendizagem Baseada em Problemas, os estudantes mobilizam conceitos para analisar uma situação e formular soluções. Na Aprendizagem Baseada em Projetos, o percurso culmina no desenvolvimento de uma solução ou artefato que precisa ser especificado, implementado e avaliado. Na educação em engenharia, essas estratégias podem ser combinadas, desde que os desafios sejam contextualizados, haja acompanhamento ao longo do processo e a avaliação considere tanto as decisões técnicas quanto a reflexão sobre os resultados.

Chincaro Bernuy, Baldissera, Cury e Moreno (2016) discutem a importância do acompanhamento contínuo, do feedback, da colaboração e da adequação dos recursos de aprendizagem em disciplinas organizadas por projetos. Os autores destacam também a relevância de momentos de síntese, nos quais os estudantes explicitam as decisões, dificuldades e aprendizagens produzidas durante o projeto. Essa perspectiva é pertinente a disciplinas de controle, nas quais a solução não se resume à obtenção de parâmetros de um controlador, mas envolve justificar escolhas e verificar seu comportamento diante de diferentes condições de operação. A literatura de educação em engenharia também descreve abordagens indutivas como alternativas ao percurso exclusivamente dedutivo, com evidências que variam conforme o método e o resultado de aprendizagem considerado (PRINCE; FELDER, 2006).

Este artigo descreve uma experiência de reorganização didática da disciplina EEE592 Controles Industriais, oferecida aos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A proposta combina uma primeira etapa orientada por problemas industriais com uma etapa posterior de projeto integrador de controle de nível de tanque em ambiente virtual. O objetivo é apresentar a

organização da experiência, os recursos utilizados e os resultados descritivos registrados, discutindo suas potencialidades e limitações sem atribuir aos dados disponíveis um alcance maior do que aquele que efetivamente possuem.

FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E EM PROJETOS

A Aprendizagem Baseada em Problemas parte de uma situação que demanda investigação e aplicação de conhecimentos. Em vez de receber apenas um procedimento completo, o estudante precisa identificar o que sabe, reconhecer quais informações são necessárias e avaliar alternativas de solução. Savery (2006) caracteriza essa abordagem como centrada no estudante e orientada à integração entre teoria e prática para desenvolver uma solução viável. Em uma disciplina de controle, um problema pode envolver a necessidade de manter o nível de um tanque diante de mudanças na demanda de saída, ou compreender por que uma planta com atraso responde de maneira diferente de um modelo idealizado.

A Aprendizagem Baseada em Projetos amplia essa lógica ao organizar parte do percurso em torno de uma entrega concreta. Prince e Felder (2006) situam a aprendizagem baseada em problemas e em projetos entre as abordagens indutivas, nas quais situações específicas estabelecem a necessidade de mobilizar conceitos e teorias. Em revisão sobre o ensino superior, Guo et al. (2020) destacam que os resultados da aprendizagem baseada em projetos são avaliados por diferentes medidas, o que reforça a importância de explicitar os objetivos e os instrumentos de avaliação. O projeto de um sistema de controle exige conectar atividades que podem aparecer separadas: caracterização da planta, coleta de dados, obtenção de um modelo, escolha e sintonia do controlador, implementação, testes e comunicação dos resultados. O projeto, portanto, não substitui a teoria; cria uma situação em que a teoria é necessária para justificar e aperfeiçoar uma solução.

A combinação adotada nesta experiência procura preservar a progressão didática. Primeiro, problemas menores e variados ajudam a consolidar conceitos e técnicas. Depois, o projeto integrador exige que os estudantes mobilizem esses recursos de maneira articulada. Essa organização é compatível com a recomendação de alinhar a atividade, o acompanhamento docente e a avaliação ao produto esperado (CHINCARO BERNUY et al., 2016; PRINCE; FELDER, 2006). Também permite que o docente acompanhe dificuldades antes da etapa de

maior integração, evitando que todos os conceitos sejam introduzidos simultaneamente no projeto final.

PROJETO COMO CICLO DE ESPECIFICAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E REFLEXÃO

O trabalho de Chincaro Bernuy et al. (2016), desenvolvido no contexto do ensino de Introdução à Engenharia de Controle e Automação, destaca a importância da contextualização, da colaboração e do feedback, além de propor indicadores qualitativos para apoiar ajustes na organização da disciplina. Os autores descrevem etapas de especificação, projeto preliminar, desenvolvimento e síntese ou reorganização. Essa estrutura oferece uma referência para compreender o projeto como um ciclo de decisões e reflexão, e não apenas como uma tarefa de implementação.

Na disciplina aqui descrita, o ciclo foi concretizado por meio da definição do problema de controle, análise do comportamento do tanque, identificação de um modelo, seleção de uma estratégia de controle, implementação no ambiente virtual e observação da resposta. A apresentação final dos grupos serviu para comunicar decisões e resultados. O registro disponível, entretanto, não permite afirmar que tenha sido aplicada uma rubrica formal baseada nos indicadores propostos por aqueles autores; a relação é de inspiração metodológica, não de reprodução integral do método.

MÉTODOS

CONTEXTO E DELINEAMENTO DA EXPERIÊNCIA

O trabalho caracteriza-se como relato descritivo de uma experiência didática realizada na disciplina eletiva EEE592 Controles Industriais, ministrada no período letivo de 2025/1 na UFRJ. A turma contou com 23 estudantes matriculados, oriundos dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação, e a disciplina possuía carga horária de 60 horas. A fonte principal para a descrição da organização didática e dos resultados foi o relatório elaborado pelo docente responsável. Para detalhar o projeto de tanque usado como referência técnica, também foi usado o trabalho de graduação de Pacheco (2022), orientado pelo autor deste artigo.

A análise foi organizada em três dimensões: (i) estrutura da sequência didática; (ii) recursos e procedimentos técnicos mobilizados no projeto integrador; e (iii) resultados descritivos relatados para a turma

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática proposta organiza-se em duas etapas complementares. Na primeira, os estudantes investigam problemas delimitados de processos industriais, como controle de nível, controle de temperatura ou sistemas com atraso. Na segunda, integram os conhecimentos adquiridos em um projeto de controle escolhido pelo docente, preferencialmente com uma planta simulada ou bancada disponível na instituição.

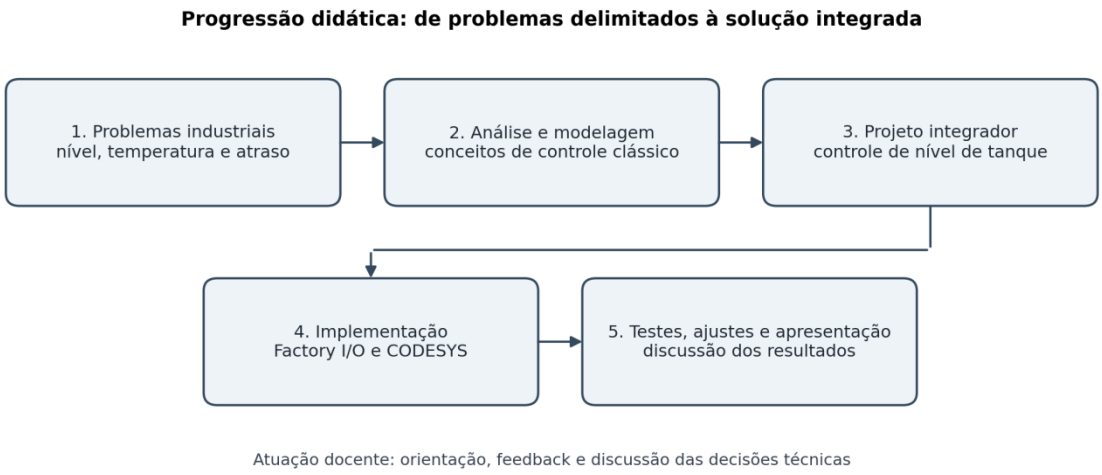


Figura 1 – Sequência didática adotada na disciplina. Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Na segunda etapa, a disciplina avançou para um projeto integrador de controle de nível de tanque. Os grupos deveriam construir e avaliar uma solução em ambiente virtual, implementando a lógica de controle em CODESYS e conectando-a à planta simulada no Factory I/O. O projeto demandou decisões sobre a variável controlada, a referência de nível, a ação do controlador e a avaliação da resposta. Os estudantes realizaram ajustes iterativos e observaram indicadores como sobressinal, tempo de acomodação e erro em regime permanente, relacionando o comportamento observado aos métodos de sintonia discutidos nas aulas.

PROJETO PRÁTICO

O projeto integrador consistiu no desenvolvimento e na implementação de um sistema de controle de nível de um tanque em ambiente virtual 3D, conforme a Figura 2, conectando uma planta simulada no software Factory I/O a uma lógica de controle programada em CODESYS. O objetivo central foi controlar a altura do fluido no tanque (variável de 0 a 300

cm) por meio do ajuste da vazão da válvula de entrada, mitigando o efeito de perturbações causadas pela abertura da válvula de saída.

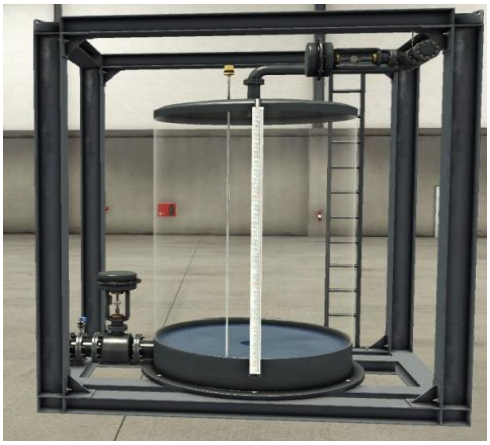


Figura 2 – Tanque para controle de nível do Factory IO. Fonte: elaborado pelo autor (2026).

O desenvolvimento do projeto foi estruturado em quatro etapas principais:

1. Preparação do Ambiente e Instrumentação Virtual

Inicialmente, configurou-se a cena do tanque no Factory I/O, adicionando-se um painel elétrico virtual com dispositivos de interface: um potenciômetro para definir o setpoint desejado (Level Control), um potenciômetro para simular a abertura da válvula de saída (Discharge Control), além de mostradores digitais para o nível atual (Level Display), o setpoint (Setpoint Display) e a vazão de saída (OutputRate). No CODESYS, configurou-se a comunicação via protocolo OPC DA/UA para conectar as variáveis do CLP simulado aos sensores e atuadores do Factory I/O. Foi desenvolvido um código em linguagem Ladder que incluía um bloco de escalonamento para converter os sinais analógicos (0-10 V) em valores inteiros de 0 a 300 cm, facilitando a leitura do nível.

2. Rastreio de Dados e Modelagem da Planta

Para a obtenção do modelo dinâmico do tanque, realizou-se um experimento em malha aberta: com a válvula de saída fechada, aplicou-se um degrau unitário na válvula de entrada e rastreou-se a curva de enchimento do tanque por meio da ferramenta Trace do CODESYS. Os dados foram exportados para o MATLAB, onde se identificou um modelo de primeira ordem com atraso (FOPDT). A partir da análise gráfica (método de Smith), obtiveram-se os

parâmetros: ganho estático K = 1, constante de tempo τ ≈ 56,83 s e tempo morto θ ≈ 1,5 s, resultando na função de transferência:

$$G(s) = \frac{1}{56{,}83s + 1} e^{-1{,}5s}$$

O modelo apresentou precisão de 94,4% em relação aos dados experimentais, sendo considerado adequado para a síntese dos controladores.

3. Sintonia de Controladores

Com a planta modelada, os estudantes utilizaram o MATLAB para sintonizar controladores PI por quatro métodos clássicos: Ziegler-Nichols (ZN), Chien-Hrones-Reswick (CHR), IAE (Integral do Erro Absoluto) e ITAE (Integral do Produto do Tempo pelo Erro Absoluto). Os parâmetros obtidos (Kp e Ti) foram comparados por meio da resposta ao degrau em malha fechada. A análise gráfica revelou que o controlador sintonizado por CHR apresentou o menor sobressinal, o menor número de oscilações e a estabilização mais rápida, sendo, portanto, selecionado para implementação. Os valores encontrados foram Kp = 22,732 e Ti = 6s.

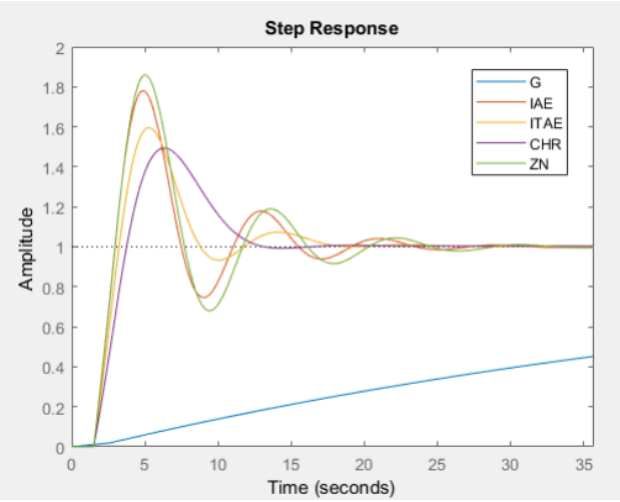


Figura 3 – Comparação dos métodos de sintonia. Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4. Implementação e Validação no Ambiente Virtual

O controlador CHR foi implementado no CODESYS utilizando o bloco de função PID padronizado, com a parte derivativa desativada (ação PI). As variáveis de processo (Actual) e setpoint (Set_Point) foram conectadas ao bloco, e a saída de controle (Y) foi vinculada à válvula de entrada (Fill Valve) do Factory I/O. Os testes finais consistiram em variações de setpoint e

na aplicação de perturbações (abertura da válvula de saída), verificando-se que o sistema atingiu o regime permanente sem instabilidades, com sobressinal moderado, demonstrando a eficácia da abordagem integrada entre modelagem, sintonia e implementação prática em ambiente virtual.

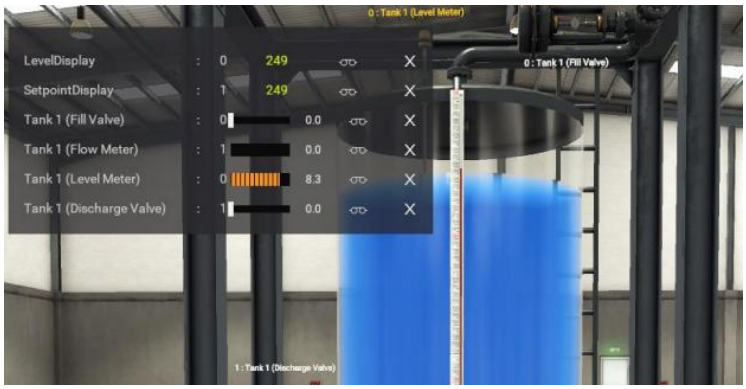


Figura 4 – Validação do controlador. Fonte: elaborado pelo autor (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados relatados são promissores, mas precisam ser interpretados com prudência. A taxa de aprovação de aproximadamente 88% e os relatos positivos dos estudantes não demonstram, por si só, que a metodologia causou melhoria de aprendizagem. Há também desafios de implementação. A integração entre ambiente virtual, controlador e ferramentas de análise exige tempo de preparação, compatibilidade de software e apoio técnico. Problemas de configuração podem deslocar o foco da atividade da engenharia de controle para a resolução de dificuldades operacionais. Por isso, materiais de apoio, roteiros de verificação, testes iniciais de conectividade e pontos de controle ao longo do semestre podem contribuir para reduzir obstáculos sem retirar dos estudantes a responsabilidade pelas decisões de projeto.

Outra limitação diz respeito à avaliação dos trabalhos em grupo. Um produto coletivo não evidencia necessariamente a contribuição ou o domínio individual de cada participante. Uma evolução possível é combinar avaliação do produto, defesa oral, registros individuais de decisões e questões conceituais curtas. Também seria útil estabelecer uma rubrica explícita para desempenho técnico, qualidade da modelagem, justificativa das escolhas, análise crítica e comunicação. Esses instrumentos tornariam os resultados mais comparáveis entre ofertas da disciplina e permitiriam avaliar a evolução da proposta ao longo do tempo.

Por fim, o relato não deve ser entendido como evidência de que a simulação substitui integralmente o contato com plantas físicas. O ambiente virtual facilita repetição, reinicialização e alteração controlada de parâmetros, com menor custo e risco, mas não reproduz todas as restrições de instrumentação, manutenção e operação de uma instalação industrial. A simulação é especialmente útil como etapa de preparação e experimentação, podendo ser complementada por atividades com equipamentos reais quando houver infraestrutura disponível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma proposta de ensino de Controles Industriais baseada na combinação de Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Baseada em Projetos, aplicada à disciplina EEE592 da UFRJ. A sequência parte de problemas industriais que contextualizam ferramentas clássicas de análise e projeto e avança para um projeto integrador de controle de nível de tanque, no qual os estudantes articulam modelagem, sintonia, implementação e avaliação da resposta em ambiente virtual utilizando Factory I/O e CODESYS.

Os registros da experiência de 2025/1, com 23 estudantes e carga horária de 60 horas, incluem relatos majoritariamente positivos sobre a compreensão do desenvolvimento de um projeto de controle e taxa de aprovação aproximada de 88%. Esses dados oferecem indícios favoráveis para a continuidade da proposta, mas não permitem estabelecer uma relação causal entre a metodologia e os resultados acadêmicos. O principal aporte do trabalho é documentar uma organização didática concreta e tecnicamente contextualizada, apoiada em um projeto de tanque que conecta conceitos de controle a uma aplicação simulada.

Como continuidade, recomenda-se coletar dados de forma sistemática em ofertas futuras, definir indicadores de aprendizagem e critérios de avaliação antes do início das atividades, aplicar instrumentos diagnósticos e finais, documentar as entregas intermediárias e comparar resultados entre semestres. A adoção de rubricas e momentos de síntese pode fortalecer o feedback e a reflexão dos estudantes. Com esses aprimoramentos, será possível avaliar com maior rigor quais componentes da proposta contribuem para a aprendizagem e quais ajustes didáticos ou tecnológicos são necessários.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Projeto INOVA UFRJ

REFERÊNCIAS

CHINCARO BERNUY, Miguel Angel; BALDISSERA, Fabio Luíz; CURY, José Eduardo Ribeiro; MORENO, Ubirajara Franco. Análise e adequação metodológica em uma disciplina de Introdução à Engenharia baseada em projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016, Natal. Anais [...]. Natal: ABENGE, 2016.

GUO, P.; SAAB, N.; POST, L. S.; ADMIRAAL, W. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. International Journal of Educational Research, v. 102, art. 101586, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586.

PACHECO, Leonardo Barros da Silveira. Projeto e controle de nível de um tanque em ambiente virtual 3D. 2022. 77 f. Projeto de Graduação (Engenharia de Controle e Automação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

PRINCE, Michael J.; FELDER, Richard M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. Journal of Engineering Education, v. 95, n. 2, p. 123–138, 2006. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.

SAVERY, John R. Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, v. 1, n. 1, p. 9–20, 2006. DOI: https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002.