

UMA REVISÃO SOBRE O ENSINO DE CONTEÚDOS PRÁTICOS EM CURSOS DE ENGENHARIA

Edson Baal ⁽¹⁾⁽²⁾ (ed.baal@gmail.com), Anderson Guilherme Ceretta ⁽²⁾ (anderson.ceretta@posgrad.ufsc.br),
Richard Anthony Gomez Arcos ⁽²⁾ (richard.gomez@posgrad.ufsc.br), Luís Antônio Bortolaia ⁽³⁾
(luis.bortolaia@ufop.edu.br), Antonio Carlos Valdiero ⁽²⁾ (antonio.valdiero@ufsc.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar); Campus Panambi

⁽²⁾ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Departamento de Engenharia Mecânica

⁽³⁾ Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP); Departamento de Engenharia Mecânica

RESUMO: *O presente trabalho apresenta uma revisão sobre o ensino de conteúdos práticos em cursos de engenharia. No Brasil há grandes desafios na área de educação em engenharia, atualmente, tem-se um baixo o número de matrículas e elevadas taxas de evasão. Estudos indicam que um dos fatores ligados a evasão dos cursos está na dificuldade de aprendizagem. Sendo assim, a abordagem de conteúdos de cunho prático de maneira adequada se apresenta como alternativa para o aprimoramento da aprendizagem e aumento do engajamento de alunos e professores. Para realizar a pesquisa, utilizou a metodologia de revisão narrativa, com a busca por artigos científicos em base de dados como Web Of Science, Scopus e IEEE Xplore, além da busca por trabalhos relacionados ao ensino de engenharia em congressos da área. Ao todo, foram selecionados quarenta trabalhos, dos quais, dez são discutidos ao longo do texto. Como resultados, tem-se a discussão da pesquisa seccionada em: metodologias de ensino, abordagens interdisciplinares e laboratórios virtuais. Como conclusões, infere-se que as metodologias ativas são importantes para a condução do trabalho e os laboratórios virtuais se apresentam como alternativas de menor custo para o desenvolvimento de atividades práticas.*

PALAVRAS-CHAVE: ENSINO DE ENGENHARIA, CONTEÚDOS PRÁTICOS, LABORATÓRIOS DIDÁTICOS.

A REVIEW ON THE TEACHING OF PRACTICAL CONTENT IN ENGINEERING COURSES

ABSTRACT: *This paper presents a review of the teaching of practical content in engineering courses. In Brazil, there are significant challenges in engineering education, currently marked by low enrollment numbers and high dropout rates. Studies indicate that one of the factors contributing to course dropout is the difficulty in learning. Therefore, the appropriate approach to practical content emerges as an alternative for enhancing learning and increasing the engagement of students and teachers. To conduct the research, the narrative review methodology was employed, with searches for scientific articles in databases such as Web of Science, Scopus, and IEEE Xplore, in addition to searching for works related to engineering education in relevant conferences. In total, forty papers were selected, ten of which are discussed throughout the text. The results sectioned the discussion into: teaching methodologies, interdisciplinary approaches, and virtual laboratories. As conclusions, it is inferred that active methodologies are important for guiding the work, and virtual laboratories present themselves as cost-effective alternatives for the development of practical activities.*

KEYWORDS: ENGINEERING EDUCATION, PRACTICAL CONTENT, DIDACTIC LABORATORIES.

1. INTRODUÇÃO

A formação de profissionais de engenharia no Brasil não tem atendido às crescentes demandas da sociedade por soluções de cunho tecnológico e científico. Segundo o Censo da Educação Superior do Brasil, apenas 9,6% das matrículas em cursos de graduação são na área de engenharia, comparado a 15,6% nos países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (BRASIL, 2022). Além disso, estudos como os de Assis *et al.* (2022), Mariano *et al.* (2022), Saccaro *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2021) indicam uma alta taxa de evasão nesses cursos.

Casanova *et al.* (2021) destacam que essa evasão é um problema global que impacta negativamente os estudantes, suas famílias e instituições de ensino, sendo causada por fatores vocacionais, além da necessidade de conciliar estudo e trabalho em muitos casos, e dificuldades de aprendizagem em disciplinas de engenharia.

A discussão sobre os desafios dos cursos de engenharia é abordada também no âmbito governamental, resultando em políticas públicas e diretrizes, como as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) (Brasil, 2019) e as Políticas de Extensão da Educação Brasileira (Brasil, 2024). Essas diretrizes promoveram a revisão dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Engenharia para desenvolver competências como formulação de soluções, análise de fenômenos físicos e químicos, concepção de sistemas e comunicação eficaz, além da necessidade de laboratórios para atividades práticas.

As atividades práticas e experimentais nos cursos de engenharia são de suma importância. Historicamente, houve um esforço para equilibrar teoria e prática nos cursos de engenharia, mas muitos currículos passaram a priorizar conteúdos teóricos devido ao alto custo de laboratórios. Porém, de acordo com Feisel e Rosa (2005), a prática é essencial na formação de engenheiros, pois integra ciência e aplicação prática, que é uma premissa para a atuação do profissional de engenharia.

No estudo apresentado por Chowdhury *et al.* (2019), discute-se a importância dos laboratórios didáticos no ensino de engenharia, combinados com a modelagem e simulação de processos industriais. Embora haja um consenso sobre a relevância desses laboratórios, diversos fatores limitam seu uso, como os elevados custos das instalações e a dificuldade de acomodar fisicamente um grande número de estudantes, entre outros.

Sendo assim, percebe-se que o ensino de conteúdos práticos de engenharia passou por mudanças ao longo dos anos, portanto, diante dos desafios expostos, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão narrativa para descrever como o ensino de conteúdos práticos de engenharia é abordado na atualidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se a metodologia de revisão narrativa para buscar, identificar e analisar estudos que tratam sobre a temática de interesse. Os estudos de revisão narrativa “[...] *são caracterizados como publicações que visam a descrever, de maneira ampla, o desenvolvimento de um assunto específico e os tipos de metodologias que estão sendo empregadas por acadêmicos e pesquisadores no estudo do tema [...]*” (CAVALCANTE e OLIVEIRA, 2020). Sendo assim, há uma maior flexibilidade quanto a busca e seleção dos estudos, o que permite a análise de dados de forma mais ampla, porém, os resultados acabam sendo mais dependentes da subjetividade dos autores.

Nesse sentido, para alcançar os objetivos propostos, buscou-se por estudos nas principais base de dados de artigos científicos, como Web Of Science, Scopus e IEEE Xplore, além de arquivos de congressos na área de ensino de engenharia. Foram selecionados ao todo quarenta estudos, dos quais, dez deles são apresentados a seguir.

3. RESULTADOS

Nesta seção, apresenta-se os resultados da pesquisa realizada. Os artigos selecionados foram agrupados nos seguintes temas: metodologias de ensino, abordagens interdisciplinares e utilização de laboratórios virtuais.

3.1 Metodologias de ensino

Se destacam nesta pesquisa o uso da Metodologias de Aprendizagem Baseada em Projetos Aprendizagem Baseada em Problemas, que se enquadram no grupo das Metodologias Ativas. Segundo Bacich e Moran (2018), essas metodologias focam no papel protagonista do aluno, na interação entre pares, professores e comunidade acadêmica em prol da construção do conhecimento.

No trabalho apresentado por Magnus *et al.* (2020), aplica-se a Aprendizagem Baseada em Problemas combinada com as práticas laboratoriais, que incluem o uso de simuladores dinâmicos híbridos e modelagem computacional, em conjunto com trabalho em equipe entre os alunos. Conforme os autores mencionam, a ideia é que os alunos construam os seus próprios laboratórios, com equipamentos adequados de acordo com suas habilidades e capacidades. O estudo concentra-se na área de engenharia elétrica, com ênfase em sistemas de potência e máquinas síncronas.

A estrutura do laboratório educacional é dividida em quatro subsistemas. Primeiramente tem-se o sistema de excitação, em que um circuito retificador de corrente contínua e corrente alternada

gera a tensão de campo para a excitação do gerador síncrono, controlado por um controlador lógico programável. Na sequência tem-se o sistema gerador e máquina primária, sendo um sistema composto por um inversor e um motor assíncrono acoplado a um gerador síncrono. A terceira parte consiste em um sistema de supervisor com interface com o controlador lógico programável que controla os resultados elétricos e mecânicos do gerador. Na quarta parte, tem-se o banco de cargas externas composto por lâmpadas e motores que exibem os comandos de início e parada, além dos valores de tensão e corrente (MAGNUS *et al.*, 2020).

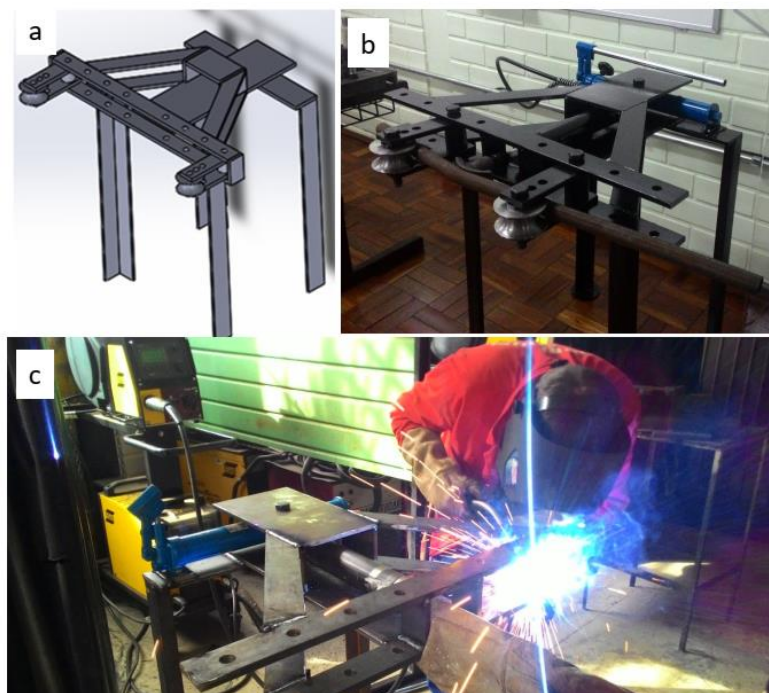
Segundo Magnus *et al.* (2020), como resultados, a metodologia de Aprendizagem Baseada Problemas em conjunto com as práticas laboratoriais mostrou-se eficaz ao proporcionar um aprendizado mais aprofundado com a articulação da teoria e prática. Além disso, as atividades em grupo e os projetos práticos aumentaram a motivação e o engajamento dos alunos, sendo assim, considera-se que tal experiência foi exitosa.

No trabalho apresentado por Fernandez-Samaca *et al.* (2021) tem-se a utilização da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, que foi empregado para disciplinas sistemas de controle e automação. Os alunos constroem pequenos protótipos de plantas de controle, contemplado o trabalho em equipe para projetar e construir controladores proporcionais, integrais e derivativos (PID) digitais para plataformas experimentais de baixo custo. Como resultados, tem-se o desenvolvimento de protótipos de sistemas de controle com diversas aplicações.

De acordo Fernandez-Samaca *et al.* (2021), as atividades desenvolvidas permitiram a aplicação interdisciplinar de conteúdos trabalhados anteriormente. A construção de protótipos permitiu uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos. Em termos de desenvolvimento de competências, houve melhora significativa em habilidades de trabalho em equipe, resolução de problemas e comunicação. Porém, a intervenção resultou em um aumento considerável da carga de trabalho tanto para estudantes quanto para professores, criando um ambiente mais desafiador em comparação aos modelos tradicionais centrados no professor.

Uma experiência interdisciplinar que envolveu as disciplinas de projeto mecânico, fabricação e soldagem em um curso de engenharia mecânica é apresentada no trabalho de Baal *et al.* (2020). Com base na metodologia de projeto integrado de produtos, conforme Back *et al.* (2008), os alunos desenvolveram as etapas de projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado e construção do protótipo de sistemas funcionais. Na Figura 1 tem-se o exemplo desse desenvolvimento, com o projeto conceitual, fabricação e o protótipo finalizado de um equipamento idealizado pelos alunos. Na atividade resultou com o desenvolvimento de quatro protótipos funcionais de diferentes produtos.

FIGURA 1. Resultado das atividades interdisciplinares: a – projeto conceitual, b – protótipo construído. c – processo de fabricação



Fonte: Baal *et al.* (2020)

Conforme Baal *et al.* (2020), a metodologia de ensino ativa empregada, em conjunto com o desenvolvimento de atividades interdisciplinares de cunho prático, possibilitou aos alunos o contato sistêmico com diferentes áreas de atuação profissional. As atividades interdisciplinares aperfeiçoaram o processo de avaliação dos alunos, pois diferentes disciplinas do curso utilizaram o projeto como ponto avaliativo, o que diminuiu a quantidade de avaliações, sem perder a qualidade no processo de ensino e aprendizagem.

Em um estudo que investiga as atividades de laboratório no ensino de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) do inglês *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, Juškevičienė *et al.* (2021) busca aprimorar as atividades de ensino e práticas de laboratório através da abordagem do *Design Thinking*, para promover inovação, resolução de problemas, criatividade e colaboração na educação de STEM. Como metodologia ativa, o *Design Thinking* consiste em seis fases, sendo elas: entender e observar, síntese, ideação, prototipagem, testes e iteração.

As atividades práticas são realizadas em um ambiente propício prototipagem rápida de produtos, equipado com impressoras 3D, cortadoras a *laser*, fresadoras com comando numérico computadorizado. Esses laboratórios incentivam a colaboração entre colegas, proporcionando um ambiente onde as pessoas podem trabalhar em projetos juntos, compartilhar ideias e ajudar uns aos outros, sendo assim, é viabilizado a criação rápida de protótipos, permitindo que inventores e

empreendedores transformem suas ideias em produtos tangíveis em um curto espaço de tempo (JUŠKEVIČIENĖ *et al.*, 2021)

Um exemplo dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia *Design Thinking*, é a criação de dois produtos. Um protótipo de caixa de doações usando uma placa Arduino, sensores de movimento e outros componentes para interagir com os doadores através de luzes e sons. Outro exemplo foi a criação de dispositivos para medição de temperatura da água e do ar, utilizando controladores Arduino e sensores. As atividades foram planejadas para integrar várias disciplinas, como ciência, tecnologia, engenharia e matemática, com o enfoque em problemas reais (JUŠKEVIČIENĖ *et al.*, 2021).

3.2 Abordagens interdisciplinares

No contexto do ensino de engenharia, a abordagem interdisciplinar é fundamental pois uma das características da atuação profissional do engenheiro é atuar no desenvolvimento de soluções que requerem uma série de conhecimentos que interligam diferentes disciplinas. Nessa perspectiva, há diversos estudos que abordam atividades práticas interdisciplinares.

O trabalho apresentado por Ariza e Galvis (2023) contempla as áreas de engenharia mecânica, engenharia elétrica e eletrônica, ciência da computação e tecnologia da informação e comunicação. O trabalho envolveu a construção de um sistema com dois tanques, um tanque é usado para medir e controlar o nível de líquido e o outro serve como reservatório. O sistema é equipado com sensores e condicionadores de sinal, servidor com interface *web*, e a programação do sistema em *Python* fecha a interdisciplinaridade do sistema. O sistema é construído em plataforma de baixo custo para experimentos educacionais em controle e automação de sistemas industriais, acessível tanto para estudantes quanto para educadores, facilitando o aprendizado prático e a experimentação em diversas áreas da engenharia.

Prakash *et al.* (2021) aborda a transformação de laboratórios tradicionais de automação em laboratórios habilitados para Internet das Coisas (IoT), permitindo operações remotas. Ele descreve a implementação industrial de IoT para operações remotas em um laboratório de automação. A metodologia envolve a criação de uma plataforma de aprendizado para controladores lógicos programáveis (PLC), computadores industriais (IPC) e laboratórios hidráulicos, utilizando uma arquitetura e estrutura comuns de IoT.

No contexto da indústria 4.0, o artigo apresentado por Hincapié *et al.* (2020) discute a utilização de ferramentas de gestão do ciclo de vida do produto (PLM), fábricas digitais, automação, internet das coisas (IoT), gêmeos digitais, e simulação avançada. Essas tecnologias são provenientes de várias disciplinas, como engenharia mecânica, engenharia de produção, automação e informática.

As atividades práticas realizadas envolvem a implementação de cenários de automação de manufatura, utilizando componentes virtuais e reais. Os estudantes participam de laboratórios onde identificam e operam elementos essenciais de um sistema de manufatura, manipulam e programam robôs industriais, e desenvolvem rotinas de controle utilizando controladores lógicos programáveis. As práticas são cuidadosamente planejadas e divididas em seções, permitindo que os estudantes executem tarefas de programação, simulação e integração de sistemas em ambientes virtuais e híbridos.

3.3 Laboratórios virtuais

Nos últimos anos, percebe-se o aumento das pesquisas sobre laboratórios virtuais. No trabalho apresentado por Tejado *et al.* (2021) apresenta o desenvolvimento de atividades que envolvem o uso de laboratórios virtuais para a modelagem e análise de sistemas dinâmicos lineares, como um sistema de massa-mola-amortecedor. Os estudantes desenvolvem e discutem o modelo de um sistema dinâmico em uma ferramenta computacional de simulação. Os resultados das pesquisas de opinião dos estudantes indicaram que mais de 83% consideraram a interface do laboratório virtual adequada, mais de 76% acharam fácil de usar e mais de 70% afirmaram que os laboratórios virtuais ajudaram na compreensão dos conceitos teóricos e práticos. Além disso, a média das notas dos alunos aumentou significativamente após a implementação do laboratório virtuais.

A aprendizagem prática na educação em engenharia, através do uso de laboratórios virtuais, permite que os estudantes apliquem os conceitos teóricos em situações do mundo real, mesmo que em simulações, reforçando assim a compreensão dos conceitos. O desenvolvimento de laboratórios virtuais que simulam o comportamento de sistemas reais é um excelente complemento para os laboratórios tradicionais. Eles proporcionam um ambiente de aprendizado assistido por computador para entender e treinar conceitos de modelagem de sistemas (TEJADO *et al.*, 2021).

No trabalho apresentado por Urbano *et al.* (2023), também aborda o uso de laboratórios virtuais. É fundamental que os profissionais de engenharia tenham capacidade de interpretar seu entorno para a tomada de decisões com base em parâmetros. Essa capacidade é pode ser alcançada a partir da análise de experimentos e atividades práticas.

As atividades práticas executadas em laboratório virtual, no estudo de Urbano *et al.* (2023), estão relacionadas ao ensino de física, e consistem na realização dos experimentos de queda livre, experimento de movimento parabólico e experimento de sistema massa mola. Para a realização dos experimentos, utiliza-se uma plataforma física, com sensores e atuadores, coleta de dados e conectividade com a internet, pré-processamento de dados no local da planta e um centro de dados centralizado ou na nuvem para gerenciamento, visualização e armazenamento de dados. A

arquitetura digital é estruturada em uma plataforma cliente-servidor que facilita a interação e o controle dos experimentos. Os usuários (estudantes) acessam a plataforma através da interface web, onde podem configurar os parâmetros iniciais dos experimentos, como posição de lançamento, ângulo de inclinação, ou peso aplicado.

Ainda, de acordo com Urbano *et al.* (2023), a interface permite que os usuários escolham valores específicos para esses parâmetros e submetam suas configurações para iniciar o experimento. Após a configuração, os componentes de hardware na camada física são ativados conforme os parâmetros definidos pelos usuários. Por exemplo, um motor de passo ajusta a posição de lançamento de um objeto, ou um eletroímã libera um projétil para um experimento de queda livre.

Sensores conectados aos componentes de hardware coletam dados em tempo real durante a execução do experimento. Esses dados são transmitidos para a camada digital. Os usuários podem repetir os experimentos várias vezes, ajustando os parâmetros conforme necessário. A plataforma permite a seleção de múltiplas repetições para garantir a precisão dos resultados. Assim, os dados de cada repetição são coletados e apresentados na interface, permitindo uma análise comparativa dos resultados (URBANO *et al.* 2023).

Uma abordagem que mescla sistemas físicos e virtuais é apresentada no artigo de Han *et al.* (2022), em que se tem a integração de realidade aumentada (AR) em um curso de montagem mecânica. A metodologia do estudo incluiu a criação de um aplicativo móvel de AR para auxiliar no processo de montagem de peças mecânicas, especificamente a embreagem de mola de diafragma e o freio de disco dianteiro de um automóvel. O objetivo era avaliar a eficácia da AR na melhoria da compreensão dos alunos sobre os termos básicos, os processos de montagem e a operação prática.

Para alcançar os objetivos, desenvolveu-se um aplicativo para apoio nas operações de montagem. Foram realizados testes de montagem do sistema mecânico com e sem o aplicativo, sendo que com a realidade aumentada, houve melhora significativa da eficácia da aprendizagem em comparação com os métodos tradicionais, os alunos demonstraram maior interesse, confiança e satisfação ao utilizar o aplicativo de AR. Além disso, houve uma melhoria notável na compreensão dos alunos sobre os termos básicos e os passos de montagem (HAN *et al.*, 2022).

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma revisão sobre o ensino de engenharia buscando identificar como o ensino de conteúdos práticos são abordados na atualidade. A formação de engenheiros no Brasil enfrenta desafios significativos, como a baixa taxa de matrículas e a alta taxa de evasão. Estudos mostram que a prática e a teoria devem ser equilibradas para aprimorar a aprendizagem e o engajamento dos alunos. Metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas e

Projetos, têm se mostrado eficazes para a integração desses elementos, promovendo maior motivação e profundidade no aprendizado.

Experiências interdisciplinares e laboratórios práticos permitem desenvolver competências essenciais nos alunos, incluindo habilidades técnicas, trabalho em equipe, resolução de problemas e comunicação. A incorporação de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), a realidade aumentada (AR) e laboratórios virtuais, complementa os métodos tradicionais, permitindo uma melhor compreensão teórica e prática.

A combinação de sistemas físicos e virtuais, junto com abordagens interdisciplinares, prepara melhor os alunos para os desafios do mundo do trabalho, promovendo a inovação e a resolução criativa de diferentes desafios. Diante desses avanços, é muito importante os investimentos em infraestrutura prática e metodologias inovadoras, para formar engenheiros capazes de atender às demandas tecnológicas e científicas da sociedade moderna.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

ARIZA, J. Á.; GALVIS, C. N. RaspyControl Lab: A fully open-source and real-time remote laboratory for education in automatic control systems using Raspberry Pi and Python. *HardwareX*, v. 13, p. e00396, 2023.

ASSIS, B. d. S.; OGASAWARA, E.; BARBASTEFANO, R.; CARVALHO, D. Frequent pattern mining augmented by social network parameters for measuring graduation and dropout time factors: A case study on a production engineering course. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 81, p. 101200, 2022.

BAAL, Edson; FRANCO, Bruno Conti; SCHLEDER, Giancarlo Stefani; GAUTERIO, Jefferson Moraes. Projeto Integrador em um curso de engenharia mecânica. In: *Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia*, 48., 2020, Bento Gonçalves. Anais [...] Brasília: Abenge, 2020. p. 1-10. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php. Acesso em: 14 julho 2024.

BACICH, L.; MORAN, J. (orgs.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2018.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. 1ª ed. Barueri: Editora Manole. 2008.

BRASIL. Instituto Nacional De Estudos E Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. Censo da educação superior: resultados. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Ministério Da Educação. Acesso à Informação Secretarias. Extensão na Educação Superior Brasileira. 2024. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/pec-g/33371-cne-conselho-nacional-de-educacao/84291-extensao-na-educacao-superior-brasileira>. Acesso em: 15 jun. 2024.

CASANOVA, J. R.; VASCONCELOS, R.; BERNARDO, A.B.; ALMEIDA, L. S. University dropout in engineering: motives and student trajectories. *Psicothema*, Oviedo, v. 33, n. 4, p. 595-601, 2021.

CAVALCANTE, L. T. C.; OLIVEIRA, A. A. S.de. Métodos de revisão bibliográfica nos estudos científicos. *Psicologia em Revista*, v. 26, n. 1, 2020.

CHOWDHURY, Harun; ALAM, Firoz; MUSTARY, Israt. Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses. *Energy Procedia*, v. 160, p. 806-811, 2019.

FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of engineering Education*, v. 94, n. 1, p. 121-130, 2005.

FERNANDEZ-SAMACA, L.; HIGUERA-MARTÍNEZ, O. I.; SANABRIA-TOTAIVE, C.Andrés. Building Small Prototypes in a PBL Intervention for Learning Automatic Control Systems. *International Journal of Engineering Education*, v. 37, n. 5, p. 1274-1288, 2021.

HAN, P.; ZHAO, F.; ZHAO, G. Using augmented reality to improve learning efficacy in a mechanical assembly course. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 15, n. 2, p. 279-289, 2022.

HINCAPIÉ, M.; VALDEZ, A.; GÜEMES-CASTORENA3, D.; RAMÍREZ, M. Use of laboratory scenarios as a strategy to develop smart factories for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, v. 14, n. 4, p. 1285-1304, 2020.

JUŠKEVIČIENĖ, A.; DAGIENĖ, V.; DOLGOPOLOVAS, V. Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 29, n. 1, p. 209-228, 2021.

MAGNUS, D M.; CARBONERA, L. F. B.;PFITSCHER, L. L.;FARRET, F. A.;BERNARDON, D. P.; TAVARES, A. A. An educational laboratory approach for hybrid project-based learning of synchronous machine stability and control: A case study. *IEEE Transactions on Education*, v. 63, n. 1, p. 48-55, 2020.

MARIANO, A. M.; FERREIRA, A. B. de M. L.; SANTOS, M. R.; CASTILHO, M. L.; BASTOS, A. C. F. L C. Decision trees for predicting dropout in Engineering Course students in Brazil. *Procedia Computer Science*, v. 214, p. 1113-1120, 2022.

PRAKASH, K. R.; SANTHOSH, M. S.; PURUSHOTHAMA, G. K.; RAMYA, M. V. An approach to convert conventional laboratories into IoT-enabled laboratories. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, v. 16, n. 5, p. 108-120, 2021.

SACCARO, A.; FRANÇA, M. T. A.; JACINTO, P. de A. Fatores Associados à Evasão no Ensino Superior Brasileiro: um estudo de análise de sobrevivência para os cursos das áreas de Ciência, Matemática e

Computação e de Engenharia, Produção e Construção em instituições públicas e privadas. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 49, p. 337-373, 2019.

SILVA, L. B. E.; MARIANO, A. S. A definição de evasão e suas implicações (limites) para as políticas de educação superior. *Educação em Revista*, v. 37, p. e26524, 2021.

TEJADO, I.; GONZÁLEZ, I.; PÉREZ, E.; MERCHÁN, P. Introducing systems theory with virtual laboratories at the University of Extremadura: How to improve learning in the lab in engineering degrees. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, v. 58, n. 4, p. 874-899, 2021.

URBANO, C. F. O.; MUÑOZ, J. A.; FIERRO, L. P.; MARULANDA, J. F. F.; VARGAS-CAÑAS, R. Remote Laboratories for Physics Education: A Proposal Towards Interactive Learning for Engineering Students. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, v. 18, n. 3, p. 305-312. 2023.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), ao IFFar (Instituto Federal Farroupilha *Campus* Panambi), à UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio aos projetos de pesquisa “Desenvolvimento de Estufa Agrícola Robotizada de Baixo Custo” (SIGPEX: 202203044, CNPq: 306229/2021-8) e “Desenvolvimento de uma solução inovadora para turbina de baixa queda usando transmissão hidrostática” (SIGPEX: 202222878, CNPq: 406936/2022-6), e também ao projeto de extensão “Assessoria na análise do fluxo de alimentação de máquina de limpeza com 300 t/h” (cód. UFSC/SIGPEX 202317544), por meio dos quais obteve-se auxílio financeiro e bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado, que contribuíram na concepção desta pesquisa na área de formação de recursos humanos em engenharia.