

Engineering design aplicado à tecnologia assistiva: estudo de caso do modelo CDIO

¹Maria Lilian de Araujo Barbosa, ²Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

¹Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-9061>

²Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1968-1964>

DOI 10.52050/9788579177255-07

RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicação da abordagem CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, no contexto de estudantes de iniciação científica na graduação em Engenharia Mecânica. Trata-se de um estudo de caso aplicado à prática de Engineering Design, cuja unidade de análise foi um curso em formato híbrido, estruturado como “sprint” e realizado em quatro encontros. A metodologia integrou aprendizagem ativa, com foco na concepção e desenvolvimento de artefatos assistivos. Os resultados indicam que o uso do CDIO em cursos de curta duração é viável e contribui para o engajamento dos estudantes, além de favorecer o desenvolvimento de competências técnicas e a sensibilização para questões sociais e inclusivas. A experiência também evidenciou o potencial da abordagem para promover a integração entre ensino, pesquisa e extensão. Conclui-se que o modelo adotado está alinhado aos objetivos estratégicos do curso de Engenharia Mecânica e do NAPI-TA, contribuindo para a disseminação do conhecimento em Tecnologia Assistiva e para a redução de barreiras sociais, com potencial de aplicação em outros contextos educacionais.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Acessibilidade Comunicacional. Design Centrado no Usuário.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a formação de engenheiros mecânicos não aborda competências para o desenvolvimento de produtos para acessibilidade e Tecnologia Assistiva (TA), embora tais temas sejam amplamente estudados na área do Design, mais familiarizada com pesquisas e resolução de problemas sociais. Observa-se falta de disciplinas que integrem criatividade e inclusão no contexto da engenharia

mecânica, impactando a formação profissional para atender demandas sociais e de acessibilidade. Essa lacuna foi evidenciada a partir da leitura da matriz curricular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR, 2024) e do planejamento estratégico do departamento, que prevê inovação e criatividade com responsabilidade socioambiental, mas cuja aplicação prática na graduação permanece tímida (UFPR, 2024).

Nesse contexto, levantou-se a seguinte questão de pesquisa: Como o Engineering Design pode integrar design e engenharia mecânica, utilizando o modelo CDIO, para o desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva?

A relevância do estudo reside em sua contribuição para os objetivos do Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), que busca reduzir barreiras de inclusão social, educacional e profissional de idosos e pessoas com deficiência (PCDs), além de promover o ensino de metodologias para o desenvolvimento de produtos de TA, proporcionando acesso equitativo (NAPI-TA, 2023).

O estudo também alinha-se ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica da UFPR, que preconiza a formação de profissionais com pensamento crítico e compromisso social (UFPR, 2024).

Portanto, esse estudo visa contribuir com uma lacuna de conhecimento e de abordagens pedagógicas que integrem Engineering Design e TA no curso de graduação de Engenharia Mecânica da UFPR, no contexto de alunos de iniciação científica vinculados ao Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LabErg) da UFPR.

O objetivo foi investigar, por meio de estudo de caso, o desenvolvimento e aplicação de um curso de Engineering Design estruturado no modelo CDIO para sensibilização formativa de alunos de iniciação científica em Engenharia Mecânica do LabErg, planejando, implementando e documentando o curso em quatro sprints, analisando o aprendizado por métricas qualitativas e sistematizando os resultados em um guia prático para desenvolvimento de artefatos assistivos.

O CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) é um modelo educacional criado no início dos anos 2000 por educadores do MIT (Massachusetts Institute of Technology) e de universidades suecas para aproximar o ensino de engenharia da prática profissional, reconhecendo que o ensino de engenharia e as demandas reais do mercado haviam se afastado e que essa lacuna precisava ser fechada.

O modelo é baseado na premissa de que graduados em engenharia devem ser capazes de conceber, projetar, implementar e operar sistemas de engenharia complexos, criando sistemas e produtos de valor agregado à sociedade. Hoje, o CDIO é adotado por instituições de referência como MIT, Stanford e USP

em iniciativas colaborativas globais envolvendo escolas de engenharia dos EUA, Europa, Canadá, Reino Unido, África, Ásia e Nova Zelândia. O método é reconhecido internacionalmente por unir Engenharia e Design, sendo compatível com as especificidades de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva e com o formato proposto para o curso de curta duração em sprints, proposto neste estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa de abordagem fenomenológica. Segundo Sampieri, Collado, Lúcio (2013), a pesquisa qualitativa é utilizada quando não se pretende provar causalidade, mas explorar, analisar e interpretar fenômenos e, nesse sentido, é fenomenológica. O estudo foi conduzido por meio de estudo de caso conforme o modelo de Yin (2010), que organiza os procedimentos em quatro etapas: desenho do estudo, condução, análise das evidências e relato final. A unidade de análise foi um curso de Engineering Design estruturado por uma adaptação do modelo CDIO, realizado em formato híbrido ao longo de quatro encontros denominados de sprints, com estudantes de Engenharia Mecânica de iniciação científica vinculados ao LabErg (UFPR).

O levantamento bibliográfico foi realizado na plataforma SciSpace, com seleção de 21 artigos a partir de critérios de inclusão (aderência ao tema e à pergunta de pesquisa). O curso foi organizado em quatro sprints correspondentes às fases do CDIO: 1. Conceive: apresentação do modelo e revisão de literatura; 2. Design: desenvolvimento de alternativas e especificações; 3. Implement: prototipagem e testes com revisão por pares; 4. Operate: apresentação final e reflexão crítica. Foram criadas e adaptadas pela docente responsável ferramentas de apoio para documentação e gestão do projeto, incluindo Procedimentos Operacionais Padrão (POP), matriz RACI, checklists e templates.

Os artefatos assistivos desenvolvidos foram avaliados por especialistas em acessibilidade, em processo de revisão por pares, considerando critérios técnicos de usabilidade e acessibilidade. O engajamento discente foi analisado por meio de versão adaptada da escala EAE-E4D, com 12 itens distribuídos em quatro dimensões (comportamental, cognitiva, afetiva e agente), mensurados em escala Likert de cinco pontos. As atividades ocorreram em formato híbrido no LabErg, com suporte de infraestrutura do laboratório para os alunos e uso de Microsoft Teams e WhatsApp para mediação síncrona e comunicação pela docente responsável, que fez a facilitação à distância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados seguem a ordem dos procedimentos metodológicos definidos e alinham-se aos objetivos específicos. O levantamento do referencial teórico, com seleção de 21 artigos de 100 inicialmente encontrados na plataforma SciSpace, forneceu a base para escolha do modelo CDIO em formato de sprints como processo pedagógico. A análise comparativa de abordagens (Design Thinking, PBL, Design Sprint) confirmou que o CDIO é o mais adequado para cursos de curta duração, unindo Engenharia e Design de forma internacionalmente reconhecida e compatível com as especificidades de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA). O procedimento pedagógico foi estruturado em quatro sprints correspondentes às fases do CDIO.

Sprint 1 (Conceive), foram compartilhadas informações iniciais sobre as demandas para desenvolvimento dos produtos e responsabilidades, organizadas em uma matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), ferramenta de gestão de projetos que promove eficiência e comunicação clara de papéis (ARSHAD *et al.*, 2023).

Sprint 2 (Design), os alunos desenvolveram alternativas e esboços funcionais com especificação preliminar de materiais, sustentados por revisão de literatura registrada no POP 1 e ficha de reflexão (POP 2).

Sprint 3 (Implement), foram construídos protótipos de baixa e média fidelidade, submetidos a revisão técnica de forma e função por especialistas em acessibilidade. Foram revisados requisitos de acessibilidade visual: contraste cromático, dimensionamento tipográfico, organização hierárquica das informações e eliminação de elementos visuais que comprometesse a audiodescrição. A avaliação dos artefatos assistivos por especialistas identificou barreiras de acessibilidade e oportunidades de melhoria (Figura 1).

Figura 1 - Folder antes e depois da avaliação por especialistas



Fonte: os alunos (2025)

No Sprint 4 (Operate), ocorreu a apresentação dos protótipos finalizados e sistematização das percepções dos alunos por meio de survey para reflexão crítica sobre o curso no formato apresentado.

Os resultados sobre as percepções dos alunos foram: as ferramentas POP e RACI ajudaram a organizar responsabilidades e reduzir retrabalho, mas sua efetividade não foi percebida de forma unânime, sugerindo necessidade de familiarização inicial com ferramentas de projeto.

A etapa de ideação, fundamentada em revisão bibliográfica, trouxe clareza para os alunos e gerou alternativas de qualidade (3 respostas com notas altas e 1 neutra), reforçando o papel da base teórica para o desenvolvimento de artefatos assistivos.

Sobre o Sprint 3, as avaliações distribuíram-se entre notas médias e altas, evidenciando ganhos, mas apontando a necessidade de mais tempo para refinamento dos protótipos.

Na percepção dos alunos sobre o Sprint 4, os resultados indicam que processos e materiais (POP final, RACI, checklists, templates) foram úteis e aplicáveis na prática dos alunos, consolidando-se como material instrucional para futuros treinamentos.

Os alunos salientaram que o suporte dos consultores especialistas foi percebido como essencial (concentração nas notas mais altas da escala),

confirmando o papel da consultoria externa no processo pedagógico e técnico em cursos de curta duração para o desenvolvimento de TA. Embora os protótipos não tenham sido testados pelos usuários finais, devido a limitações de tempo e necessidade de adequações a comitês de ética, os profissionais contribuíram com sua experiência de prática profissional.

Os alunos relataram aumento significativo de empatia e confiança para atuar com TA em contextos reais, indicando que houve sensibilização formativa; no entanto, declararam ter percebido a necessidade de maior preparo profissional e exposição prática para atuar profissionalmente na área de TA.

Na avaliação qualitativa do engajamento dos alunos foi utilizada uma escala EAE-E4D adaptada em quatro dimensões: comportamental, cognitiva, afetiva e agente em uma escala Likert de 5 pontos (VEIGA, 2016; LIKERT, 1932).

A média global foi de 4,1 (muito bom), sendo a dimensão cognitiva a mais destacada, com média de 4,33. O engajamento observado foi predominantemente “muito bom”, referindo-se ao envolvimento do aluno com processos mentais e estratégias de aprendizagem ativa.

Como contribuição adicional deste estudo, estratégia de disseminação, foi elaborado e publicado o Guia Prático para replicação do modelo CDIO adaptado para o Desenvolvimento de Artefatos Assistivos no formato de e-book, com o título: Integração entre Engenharia, Design e Tecnologia Assistiva: CDIO em sprints para prototipagem conceitual em português¹ e traduzido para inglês² e espanhol³. O material instrucional serve como apoio e uso interno do LabErg, em especial para alunos de iniciação científica, garantindo replicabilidade da metodologia. Além disso, a tradução em inglês e espanhol promove a disseminação internacional do conhecimento gerado.

5. CONCLUSÃO

O estudo confirmou que a integração entre design e engenharia mecânica, estruturada no modelo CDIO em quatro sprints, favoreceu o desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, articulando teoria e prototipagem com revisão técnica de especialistas.

1 <https://zenodo.org/records/18021292>

2 <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/integration-between-engineering-design-and-assistive-technology-cdio-in-sprints-for-conceptual-prototyping/>

3 <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/integracion-entre-ingenieria-diseno-y-tecnologia-asistiva-cdio-en-sprints-para-la-prototipacion-conceptual/>

Nesse sentido, os objetivos específicos foram atendidos, validando o CDIO como abordagem pedagógica para cursos de curta duração. Os objetivos de sensibilização formativa de estudantes de Engenharia Mecânica, ainda que com os limites e desafios para a condução do curso relacionados a tempo, calendário acadêmico, organização dos encontros em formato híbrido, comunicação por grupo de WhatsApp, foram alcançados.

o modelo CDIO no modelo adaptado e em formato de sprints permite integrar teoria e prática, articulando Engenharia e Design para desenvolver artefatos assistivos com validade técnica por meio de revisão por pares e sensibilidade a este segmento e perfil da sociedade e à acessibilidade.

O produto final do estudo foi entregue no formato de e-book, com ISBN e DOI, traduzido para português, inglês e espanhol. Espera-se que o material seja utilizado como referencial teórico e instrumental em diferentes contextos educacionais, garantindo replicabilidade da metodologia e disseminação internacional do conhecimento e dos projetos desenvolvidos pelo LabErg.

Portanto, o modelo mostrou-se viável e relevante para enriquecer o currículo de Engenharia Mecânica com práticas inclusivas, contribuindo para a formação de profissionais tecnicamente competentes e socialmente responsáveis. O formato em sprints trouxe agilidade ao processo mantendo o rigor metodológico e pode ser aplicado a diferentes contextos, como disciplinas de desenvolvimento de produto em cursos de engenharia e design, projetos de extensão, ambientes interdisciplinares, laboratórios de prototipação e espaços de inovação.

A metodologia pode contribuir para formar raciocínio projetual inclusivo, orientado por evidências e conectado a demandas reais, com foco em acessibilidade, rigor metodológico e impacto social. O rigor metodológico se apoia em três dimensões essenciais: transparência (explicitar o que foi feito, por que foi feito e como foi conduzido), rastreabilidade (garantir o registro sistemático das decisões, evidências e análises) e replicabilidade (permite que o percurso metodológico seja revisitado, analisado ou adaptado em outros contextos).

Finalizando, a pergunta de pesquisa “Como o Engineering Design pode integrar design e engenharia mecânica, utilizando o modelo CDIO, para o desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva?” foi respondida e o objetivo geral foi alcançado. O modelo CDIO pode contribuir para integrar teoria e prática no desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva e promover sensibilização para esta área de conhecimento em diferentes cenários e contextos.

Nota sobre uso de IA generativa: Este texto foi revisado e aprimorado com o auxílio de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa para correção

ortográfica, gramatical e sugestões de estilo. (Language Tools). Todas as correções e alterações propostas foram avaliadas e ajustadas pela autora, mantendo a autoria e o rigor acadêmico do conteúdo conforme diretrizes da UFPR (2025).

REFERÊNCIAS

ARSHAD, Mohammad; SAHA, Sandeep; SAHU, Sanjay Kumar. Development of RACI matrix for complete machine lifecycle. *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 10, n. 02, p. 520, fev. 2023. e-ISSN 2395-0056. Disponível em: <https://www.academia.edu/98197994/>

CDIO. CDIO vision: What is a CDIO-based education? [s.l.], [202-]. Disponível em: <https://cdio.org/cdio-vision>.

CRAWLEY, E.; MALMQVIST, J.; ÖSTLUND, S.; BRODERICK, S. Rethinking engineering education: the CDIO approach. 2. ed. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://cdio.org/knowledge-library/documents/rethinking-engineering-education-cdio-approach>

DIETER, George E.; SCHMIDT, Linda C. *Engineering Design*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2013

ISO - International Organization for Standardization. ISO 9999:2022. Assistive products. Classification and terminology Geneva. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/72464.html> Acesso em: 20 abr. 2025.

KNAPP, J. *Sprint: how to solve big problems and test new ideas in just five days*. New York: Simon & Schuster, 2016.

KELLEY, Todd Richard. Examination of engineering design in curriculum content and assessment practices of secondary technology education. 2008. Tese (Doctor of Philosophy). Mary Frances Early College of Education, University of Georgia, 2008. Disponível em: <https://openscholar.uga.edu/record/9169?ln=en&v=pdf>

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, New York, n. 140, p. 1-55, 1932. Disponível em: https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf

NOVO ARRANJO DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA ASSISTIVA (NAPI-TA). *Projetos de Pesquisa*. Curitiba: UFPR, [202-]. Disponível em: <https://tecnologia.ufpr.br/laberg/projetos-desenvolvidos/>.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández.; LUCIO Maria dei Pilar Baptista Lucio. *Metodologia de Pesquisa*. 5. Ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). *Diretrizes para o uso ético e responsável da Inteligência Artificial Generativa: um guia prático para pesquisadores*. Curitiba: UFPR, 2025. Disponível em: <https://gedai.ufpr.br/iag-principios-eticos-e-boas-praticas/>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Conselho de ensino, pesquisa e extensão. Dispõe sobre as atividades de Extensão na Universidade Federal do Paraná. Resolução No 57/19 – CEPE. Sala das Sessões, em 13 de dezembro de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica. Curitiba. UFPR, 2024. Disponível em: https://demec.ufpr.br/wp-content/uploads/2024/02/ppc_integral_2024.pdf

VEIGA, F. H. (2016). Assessing student Engagement in School: Development and validation of a four-dimensional scale. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 813-819. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.153>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Assistive Technology. Geneva: World Health Organization, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.