

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA,
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**IMPLEMENTAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA
EM PROBLEMAS EM DISCIPLINAS DO EIXO DE
ESTRUTURAS**

TAIRINE ROQUETE ALVES CARNEIRO

GOIÂNIA
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estado de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Tairine Roquete Alves Carneiro

3. Título do trabalho

Implementação da aprendizagem baseada em problemas em disciplinas do eixo de estruturas

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Andre Siqueira Campos**, Professor do Magistério Superior, em 11/12/2024, às 13:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tairine Roquete Alves Carneiro, Discente**, em 11/12/2024, às 14:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gomes De Oliveira Brandstetter, Professora do Magistério Superior**, em 18/12/2024, às 08:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5015198** e o código CRC **607FEEC9**.

TAIRINE ROQUETE ALVES CARNEIRO

**IMPLEMENTAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA
EM PROBLEMAS EM DISCIPLINAS DO EIXO DE
ESTRUTURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter

GOIÂNIA
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Cameiro, TAIRINE ROQUETE ALVES
IMPLEMENTAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM
PROBLEMAS EM DISCIPLINAS DO EIXO DE ESTRUTURAS
[manuscrito] / TAIRINE ROQUETE ALVES Cameiro. - 2024.
CVI, 108 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos; co
orientadora Dra. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil - Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia,
2024.

1. Metodologias Ativas. 2. Educação em Engenharia. 3. Ensino em
Estruturas. I. Campos, Marcus André Siqueira, orient. II. Título.

CDU 624



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 301 da sessão de Defesa de Dissertação de **Tairine Roquete Alves Carneiro**, que confere o título de Mestre(a) em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, na área de concentração em **Construção Civil**.

Aos dezoito dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro, a partir das oito horas, de forma **híbrida**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**Implementação da aprendizagem baseada em problemas em disciplinas do eixo de estruturas**". Os trabalhos foram instalados pela **Professora Doutora Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (PPGGECON/UFG)**, coorientadora, Presidente da Banca Examinadora, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor Renato Martins das Neves (UFPA)**, membro titular externo, e **Professor Doutor Ricardo Prado Abreu Reis (PPGGECON/UFG)**, membro titular interno e **Professor Doutor Marcus André Siqueira Campos (PPGGECON/UFG)**, orientador. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pela **Professora Doutora Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dezoito dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gomes De Oliveira Brandstetter, Professora do Magistério Superior**, em 18/12/2024, às 10:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Prado Abreu Reis, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2024, às 10:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Andre Siqueira Campos, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2024, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Martins das Neves, Usuário Externo**, em 18/12/2024, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Tairine Roquete Alves Carneiro, Discente, em 18/03/2025, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543 de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.vfg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.vfg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.vfg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 5015270 e o código CRC 84BE9DE0.

Referência: Processo nº 23070.060239/2024-96

SEI nº 5015270

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a todos os meus alunos e alunas: os que foram, os que são e os que ainda serão. A cada um de vocês, que com dedicação e curiosidade, tornaram o ensino uma experiência enriquecedora. Este trabalho é resultado da nossa troca de saberes, e é inspirado em cada passo dado ao longo dessa jornada. Que todos continuem a buscar o conhecimento com paixão e a transformar o mundo ao seu redor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e ao meu santo protetor, São Jorge, em quem depus minha fé nos momentos mais difíceis. Por terem me dado a força necessária para concluir essa longa e desafiadora jornada que foi o mestrado.

À minha irmã, minha melhor amiga e companheira de todos os dias: obrigada por me ver como "a pessoa mais inteligente do mundo", por ouvir meus desabafos, me apoiar e acreditar em mim mesmo nos momentos em que eu duvidava de mim mesma.

Ao meu pai, que já não está entre nós, mas que sempre fez de tudo para me proporcionar uma educação de qualidade. Mesmo enfrentando comentários maldosos de que nunca conseguiria formar uma filha, o senhor acreditou em mim. Pai, o senhor não estava presente na minha graduação, mas hoje, além de Engenheira Civil, sou professora, compartilhando conhecimento com futuros profissionais e acreditando neles, assim como o senhor acreditou em mim.

À minha mãe, a mulher mais forte que conheço, que me ensinou a ser independente, esperta e resiliente. Obrigada por me incentivar a ser a melhor versão de mim mesma, ouvir minhas angústias e sempre dizer: "*Calma, respira, você é forte e vai superar isso, você merece.*" Suas lições sobre gentileza e humanidade foram essenciais para que eu desenvolvesse um olhar humano em minha atuação como professora.

À minha segunda mãe, tia Tereza Roquete, também professora: sem a senhora, nada disso seria possível. Obrigada por cuidar de mim como se eu fosse sua filha e por despertar em mim o amor pela docência e pela matemática.

Aos professores que marcaram minha trajetória desde o ensino fundamental, em especial Édson Tejerina Calderón e José Emerenciano Grande. Professor Cálderón, obrigada por me ensinar tanto sobre Estruturas e acreditar no meu potencial para o mestrado e para a docência. Professor Emerenciano, obrigada por tirar minhas dúvidas mesmo depois de formada e por todo o acolhimento. Foi um privilégio ser aluna de vocês.

Aos professores do GECON, especialmente os da área de Estruturas: Zénon, Renata e Fred. Professor Zénon, o senhor é o professor mais humano que tive a honra de conhecer. Sua escuta e apoio nos momentos difíceis foram inestimáveis, além de sua ajuda na produção do protótipo desta dissertação. Professora Renata, a senhora sempre será para mim a "rainha das estruturas".

Sua generosidade desde a minha banca de TCC até hoje é motivadora, obrigada por acreditar em mim. Professor Fred, o senhor é o professor mais didático que já conheci, suas aulas são incríveis! Obrigada por todo conhecimento transmitido e por ceder espaço na sua turma para validar minha pesquisa.

Ao professor Marcus André, que foi mais que um orientador; foi um guia paciente e inspirador ao longo de uma das jornadas mais desafiadoras da minha vida acadêmica. Obrigada por me ouvir nos momentos de dúvida, acolher minhas ideias, corrigir com firmeza e ensinar com generosidade. Sua dedicação foi essencial para que eu chegasse até aqui. Além disso, sua capacidade de equilibrar rigor acadêmico e sensibilidade humana é algo que admiro profundamente. Sem sua orientação, eu não teria conseguido transformar um sonho em realidade. O senhor é o tipo de professor que deixa marcas na trajetória de seus alunos, e eu sou privilegiada por ter tido essa oportunidade.

À minha coorientadora, professora Maria Carolina, que se tornou uma referência para mim desde o momento em que a conheci. A senhora me conquistou com seu entusiasmo, sua paixão pelo ensino e sua visão sobre a educação. Foi um privilégio compartilhar essa jornada ao seu lado e aprender com suas reflexões sobre o papel da docência. Sua abordagem inspiradora e humana fez toda a diferença para que eu pudesse pensar além do óbvio e abraçar novos desafios. Que todos os professores possam aprender com a sua postura sobre o ensino e a dedicação que a senhora tem aos seus alunos. Obrigada por me ajudar a enxergar o ensino como algo transformador, tanto para o professor quanto para o aluno.

Ao meu namorado Lucas, que trouxe amor, paz e incentivo nos momentos mais desafiadores. Obrigada por estar ao meu lado e acreditar em mim.

Aos colegas e amigos de profissão, especialmente Fernando, Lara, Lucas, Angelina e Fabio. Fabio, sua engenhosidade e amizade foram essenciais, especialmente na confecção do protótipo e nas conversas sobre como melhorar o ensino em engenharia.

Aos amigos de infância, graduação, corrida e academia, por acreditarem em mim e entenderem minha ausência. Aos amigos do GECON, Jefferson, Lorrان, Lucas Pinheiro, Érika Hansen, Érika, Rafaela e Siane, obrigada por tornarem essa caminhada menos pesada.

E, por fim, às minhas cachorrinhas, que mesmo sem entenderem, estiveram comigo em todos os momentos.

RESUMO

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de 2019 para os cursos de Engenharia destacam a necessidade de um ensino mais alinhado às demandas do mercado de trabalho, enfatizando a formação de profissionais que possuam tanto habilidades técnicas quanto comportamentais, e que estejam aptos a se adaptar às constantes mudanças do mercado. O ensino de Engenharia Civil, particularmente nas disciplinas do eixo de estruturas, ainda é predominantemente tradicional, com um foco no professor como protagonista e pouca conexão entre teoria e prática, o que leva a uma falta de compreensão de conceitos importantes na área. Nesse contexto, a implementação de metodologias ativas de ensino surge como uma solução potencial para transformar o aluno em protagonista do seu próprio aprendizado, além de facilitar a integração entre teoria e prática. Dessa forma, este estudo teve como objetivo desenvolver um método que auxilie a melhorar a prática educacional em disciplinas de estruturas, incorporando a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) dentro desse método. O desenvolvimento da solução foi guiado pela *Design Science*, enquanto os alunos tornaram-se agentes ativos no processo de aprendizado ao construírem um experimento que simulava uma viga isostática submetida a diferentes carregamentos. Os resultados demonstraram que a aplicação da metodologia ativa facilitou a integração entre teoria e prática, permitindo que os alunos aprimorassem habilidades como trabalho em equipe, resolução criativa de problemas e análise crítica de dados. A comparação dos resultados experimentais com os dados gerados pelos cálculos numéricos estimulou a reflexão sobre a precisão dos modelos teóricos e as limitações dos mesmos. Além disso, a experiência de realizar experimentos práticos permitiu aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos de deformação e comportamento estrutural, essenciais para a Engenharia Civil. Percebe-se que metodologias ativas, como a PBL, podem ser uma estratégia eficaz para melhorar a formação dos alunos em Engenharia Civil, promovendo uma aprendizagem mais engajada e interativa, e alinhada com as competências exigidas pelo mercado de trabalho e pelas novas diretrizes educacionais. A pesquisa contribui para a reflexão sobre a modernização do ensino de Engenharia, especialmente no que tange à integração entre teoria e prática, e ao desenvolvimento de habilidades técnicas e comportamentais nos futuros profissionais.

Palavras-chave: Metodologias Ativas, Educação em Engenharia, Ensino em Estruturas.

ABSTRACT

The 2019 National Curricular Guidelines (DCNs) for Engineering courses highlight the need for teaching that is more aligned with the demands of the job market, emphasizing the training of professionals who have both technical and behavioral skills, and who are able to adapt to constant market changes. Civil Engineering teaching, particularly in structural disciplines, is still predominantly traditional, with a focus on the teacher as the protagonist and little connection between theory and practice, which leads to a lack of understanding of important concepts in the area. In this context, the implementation of active teaching methodologies appears as a potential solution to transform the student into the protagonist of their own learning, in addition to facilitating the integration between theory and practice. Therefore, this study aimed to develop a method that helps improve educational practice in structural disciplines, incorporating the active Problem-Based Learning (PBL) methodology within this method. The development of the solution was guided by Design Science, while the students became active agents in the learning process by constructing an experiment that simulated an isostatic beam subjected to different loads. The results demonstrated that the application of the active methodology facilitated the integration between theory and practice, allowing students to improve skills such as teamwork, creative problem solving and critical data analysis. The comparison of experimental results with data generated by numerical calculations stimulated reflection on the precision of theoretical models and their limitations. Furthermore, the experience of carrying out practical experiments allowed students to better understand the concepts of deformation and structural behavior, essential for Civil Engineering. It is clear that active methodologies, such as PBL, can be an effective strategy to improve the training of students in Civil Engineering, promoting more engaged and interactive learning, and aligned with the skills required by the job market and new educational guidelines. The research contributes to reflection on the modernization of Engineering education, especially with regard to the integration between theory and practice, and the development of technical and behavioral skills in future professionals.

Keywords: Active Methodologies, Engineering Education, Teaching in Structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de gamificação: cenário inicial do canteiro de obras (Moreira; Serra, 2024).....	41
Figura 2.2 – Exemplo de AR: formas de relevo com uso de SARndbox (Silva <i>et al.</i> , 2024b)	42
Figura 2.3 – Pórtico real utilizado na metodologia, em destaque com a linha vermelha tracejada (Barbirato; Santos, 2024).....	46
Figura 2.4 – Pórtico da Figura 2.5 modelado no <i>software</i> Ftool (Barbirato; Santos, 2024)	47
Figura 2.5 – Treliças confeccionadas com palito de picolé (Barros <i>et al.</i> , 2018)	47
Figura 2.6 – Portal de entrada da cidade de Bom Conselho-PE (Silva <i>et al.</i> , 2023).....	48
Figura 2.7 – Modelo teórico da estrutura real (Silva <i>et al.</i> , 2023)	49
Figura 2.8 – Protótipo de uma viga engastada livre (Carvalho <i>et al.</i> , 2021).....	50
Figura 2.9 – Simulação de uma viga em balanço com carga na extremidade livre (Silva; Vasconcelos, 2023).....	51
Figura 3.1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	53
Figura 4.1 – Resumo do método.....	59
Figura 4.2 – Esquema estático da situação-problema definida.	61
Figura 4.3 – Esquema estático do sistema real e do sistema virtual.....	64
Figura 4.4 – Diagrama de momento fletor para os sistemas real e virtual.	64
Figura 4.5 – Esquema estático e seção transversal da viga do protótipo.....	66
Figura 4.6 – Protótipo da viga isostática de aço: (a) sem carregamento; (b) com aplicação de carga.....	67
Figura 4.7 – Apresentação do protótipo aos alunos e cálculo de deslocamento	69
Figura 4.8 – Experimento do Grupo 1: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento.....	71
Figura 4.9 – Experimento do Grupo 2: (a) sistema de medição com trena a laser; (b) viga submetida a 20 kg	72
Figura 4.10 – Experimento do Grupo 3: (a) viga bi apoiada de aço; (b) viga bi apoiada de alumínio	73
Figura 4.11 – Experimento do Grupo 4: estrutura com cabos simulando o contraventamento	73
Figura 4.12 – Experimento do Grupo 5: estrutura com cabos simulando o contraventamento	74
Figura 4.13 – Habilidades aprimoradas – turma do desenvolvimento do artefato	79
Figura 4.14 – Experimento da Dupla 1: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento.....	82

Figura 4.15 – Experimento da Dupla 2: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento	83
Figura 4.16 – Experimento individual com aplicação de carga	83
Figura 4.17 – Experimento individual com aplicação de carga	84
Figura 4.18 – Habilidades comportamentais aprimoradas – turma da validação do artefato ..	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
AR	Realidade Aumentada
CEA	Centro de Engenharia Aplicada
CES	Câmara de Educação Superior
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
EPS	Poliestireno Expandido
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FORPROEX	Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
NDE	Núcleo Docente Estruturante
NEGEO	Núcleo de Estudos em Geotecnia
PBL	Aprendizagem Baseada em Problemas
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Educação
PPC	Projeto Pedagógico do Curso
PPG-CEM	Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais
PTV	Princípio dos Trabalhos Virtuais

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA	18
1.3 OBJETIVO GERAL	20
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
2.2 EVASÃO E REDUÇÃO NO INGRESSO EM CURSOS DE ENGENHARIA	22
2.3 ENSINO DE ENGENHARIA	26
2.4 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO	34
2.5 ENSINO NA ÁREA DE ESTRUTURAS	43
2.6 considerações finais sobre a revisão	51
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	53
3.1 ETAPAS DA PESQUISA	53
3.2 CONSCIENTIZAÇÃO	53
3.3 DESENVOLVIMENTO	54
3.3.1 Construção do protótipo.....	54
3.3.2 Definição dos critérios.....	54
3.3.3 Apresentação e aplicação da metodologia ativa.....	55
3.3.4 Elaboração e aplicação da entrevista.....	56
3.4 AVALIAÇÃO	57
CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	60
4.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS	67
4.3 APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ATIVA	68
4.4 APLICAÇÃO DA ENTREVISTA	75
4.5 AVALIAÇÃO	81
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	102
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE	103
ANEXO A – TABELA DE KURT BEYER	106

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A área de educação em engenharia é amplamente discutida por vários pesquisadores, sendo reconhecida por sua complexidade (Oliveira *et al.*, 2013; Velho; Costa; Goulart, 2019). Isso se deve ao fato que a educação do século XXI ter grandes desafios, sobressaindo-se a preparação dos estudantes para um futuro incerto e em constante mudança. Para prosperar nesse contexto, é crucial cultivar flexibilidade, sensibilidade cultural, confiança, capacidade de adaptação, agilidade na execução e colaboração. É essencial que os profissionais do futuro sejam multifacetados e proativos, alinhados às expectativas globais, dadas as incertezas e instabilidades futuras (Sena, 2019).

Considerando o atual cenário de transformações profundas em diversos aspectos, os profissionais devem estar preparados para se reinventar continuamente e de forma ágil (Carvalho; Tonini, 2017; Sena, 2019). De acordo com Carvalho e Tonini (2017), além de possuírem sólidos conhecimentos técnicos, os engenheiros devem incorporar saberes não técnicos em sua atuação, a fim de atender aos objetivos e demandas da sociedade e do mercado de trabalho.

Por esse motivo, conforme observado por Morán (2015), há uma necessidade premente de tornar a educação mais flexível, híbrida, digital, ativa e diversificada. Grave *et al.* (2019) destacam que a educação deve promover uma visão integral, interdependente e interdisciplinar, facilitando a criação de redes para promover mudanças sociais e expandir a consciência individual e coletiva. Eles também enfatizam a importância de uma prática pedagógica ética, crítica, reflexiva e transformadora, que ultrapasse os limites do treinamento técnico para promover efetivamente a formação do ser humano como um ser histórico, engajado na dialética da ação-reflexão-ação.

Um dos fatores essenciais para o desenvolvimento dos discentes em engenharia é a formação adequada dos professores. Muitas vezes, os educadores não questionam os valores e princípios subjacentes à educação em engenharia, perpetuando métodos de ensino tradicionais. A falta de envolvimento em debates educacionais pode ser atribuída à estrutura acadêmica brasileira e à pressão por produtividade acadêmica, com foco na publicação de pesquisas em detrimento da

reflexão sobre métodos de ensino. Além disso, é notável que os professores de Engenharia Civil, em sua maioria, não recebem formação pedagógica adequada, pois os cursos de engenharia não os preparam para o papel de educadores. Portanto, torna-se crucial oferecer capacitação contínua e abrangente para os professores, desde conceitos básicos de ensino-aprendizagem até metodologias inovadoras, para promover um ensino de qualidade e eficaz (Velho; Costa; Goulart, 2019; Klein, 2020).

Outro aspecto fundamental a ser integrado na formação do engenheiro é a interdisciplinaridade, reconhecida como um elemento crucial no desenvolvimento dos estudantes, pois busca promover uma compreensão mais ampla das inter-relações entre os conhecimentos e a complexidade dos problemas do mundo, os quais demandam uma abordagem que transcende os limites de uma única disciplina ou campo (Pereira; Carneiro; Gonçalves, 2015). No entanto, de acordo com Garcia *et al.* (2021), a maioria dos cursos de engenharia adota uma abordagem curricular com disciplinas ministradas de forma linear e individual, com a única conexão entre elas sendo os pré-requisitos. Isso resulta em uma compartimentalização do conhecimento pelos alunos, que memorizam os conteúdos apenas para passar nas disciplinas, refletindo um modelo de ensino tecnicista, centrado na transmissão do conhecimento em si.

Ademais, é comum que os docentes se concentrem principalmente em cumprir o conteúdo programático, muitas vezes sem considerar as habilidades e competências que os alunos precisam desenvolver para se destacarem em suas futuras carreiras. Eles geralmente atuam como meros transmissores de informações desconectadas, sendo responsáveis por selecionar, dentre uma vasta gama de conteúdos, quais são os mais relevantes para os estudantes. Isso condiciona a formação dos alunos à visão individual de cada professor. O excesso de carga horária em sala de aula e o conteúdo denso previsto nos currículos das engenharias dificultam aos alunos obterem uma formação equilibrada entre teoria e prática, além de limitar o desenvolvimento de sua autonomia. Portanto, é crucial incentivar atividades que integrem teoria, prática e aplicação contextualizada, para promover o desenvolvimento efetivo das competências necessárias (Pinheiro; Burini, 2006; Garcia *et al.*, 2021).

1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Com o objetivo de melhorar a qualidade dos cursos de engenharia e a formação dos profissionais, foi publicada a Resolução CNE/CES nº 2 de 24 de abril de 2019. Essa resolução estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de graduação em

engenharia, mudando a maneira como os profissionais são formados. Agora, ao invés de focar apenas no conteúdo, o novo modelo valoriza o desenvolvimento de habilidades práticas. Ele define as competências que os graduados devem ter e como elas se relacionam com o que é ensinado. Essa mudança visa atender à necessidade de engenheiros com uma formação mais prática e aplicada.

Além de algumas mudanças nos componentes curriculares, as DCNs de 2019 enfatizam sobre a importância do uso de metodologias ativas e do desenvolvimento de competências do tipo *hard* e *soft skills*. O texto da regulamentação destaca seis competências do tipo *soft skills*, sendo elas:

I - ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica; II - estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora; III - ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia; IV - adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; V - considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho; VI - atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável (Brasil, 2019, p. 1-2).

Sobre as metodologias ativas, as DCNs afirmam que “deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (Brasil, 2019). Entende-se, portanto, que o papel do aluno, assim como o do professor, deve mudar, se envolvendo diretamente na formação do seu conhecimento efetivo. O estudante de engenharia deve não apenas memorizar uma informação, mas entender como colocá-la em prática, de forma a desenvolver o saber agir. Se torna necessário adotar métodos que transcendam o modelo tradicional de aulas expositivas e promovam uma integração entre teoria e prática, buscando desenvolver tanto *hard* quanto *soft skills*.

Dentre essas metodologias, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), que pode ser aplicada ao ensino de Engenharia Civil como uma ferramenta valiosa no ensino das disciplinas, permitindo aos estudantes adquirir conhecimento e desenvolver habilidades, equilibrando teoria e prática, por meio da resolução de problemas que refletem desafios enfrentados na vida profissional. Esses casos práticos podem ser extraídos da realidade ou elaborados pelos professores (Ponciano; Gomes; Morais, 2017; Carvalho *et al.*, 2021).

Adicionado a isso, é possível perceber que no ensino do eixo de estruturas, a abordagem predominante ainda hoje é aquela pautada somente em aulas expositivas com apresentação de modelos teóricos e realização de cálculos. Percebe-se que os professores da área de modo geral

são menos receptivos às metodologias ativas de ensino, insistindo ainda em métodos tradicionais, o que, muitas vezes, gera dificuldades de compreensão e assimilação de conceitos físicos básicos por parte dos alunos. A ausência de aulas práticas faz com que os futuros profissionais apresentem deficiências quanto ao entendimento comportamental das estruturas (Rocha *et al.*, 2017; Izidoro; Silva, 2018; Sato, 2023).

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo implementar a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas em disciplinas que contemplam o eixo de estruturas em cursos de graduação de Engenharia Civil.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, além de anexos e referências. Tem-se uma apresentação sucinta do que foi abordado em cada capítulo.

No Capítulo 1, tem-se a introdução, que contém a contextualização acerca do tema, assim como a sua justificativa e os objetivos.

Em seguida, o Capítulo 2 traz a revisão da literatura sobre o tema.

O Capítulo 3 apresenta o método da pesquisa, detalhando suas etapas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões sobre as análises qualitativas obtidas com a aplicação da pesquisa.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as principais considerações obtidas.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Indústria 4.0, conhecida como a Quarta Revolução Industrial, é marcada pela integração de tecnologias avançadas nos processos industriais. Essa transformação revolucionou a produção, criando fábricas mais inteligentes e eficientes, mas também impondo novas exigências aos profissionais da engenharia, que precisam se adaptar a um cenário em constante evolução. Para atender a essas demandas, surge a Educação 4.0, uma abordagem pedagógica que busca alinhar o ensino às necessidades da Indústria 4.0. Essa estratégia combina o uso de tecnologias avançadas no ensino, a personalização da aprendizagem e metodologias interdisciplinares, com o objetivo de preparar profissionais para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades da era digital. Entre as competências essenciais para esses profissionais estão o pensamento crítico, a resolução inovadora de problemas complexos, a proficiência em ferramentas digitais, a colaboração em equipes multidisciplinares e a adaptabilidade frente a novas tecnologias e processos (Araújo *et al.*, 2024).

A formação de engenheiros, nesse contexto, assume papel estratégico na construção de uma força de trabalho desenvolvida e apta a atender às demandas da era digital. Segundo Araújo *et al.* (2024), a adaptação às demandas da Indústria 4.0 exige engenheiros capacitados não apenas técnicos, mas também com habilidades como pensamento crítico, colaboração e flexibilidade, que são fundamentais para enfrentar cenários complexos e em constante transformação.

No Brasil, a formação de engenheiros tem passado por mudanças significativas para acompanhar essa realidade. Durante o período de crescimento econômico entre os anos 2000 e 2010, o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) impulsionou a procura por cursos de Engenharia, culminando em 2014 com um recorde de 378 mil ingressantes. Contudo, de acordo com dados da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2023), os anos seguintes trouxeram uma retração, e o número de novos estudantes caiu para 250 mil em 2019. Esse declínio reflete não apenas fatores econômicos, mas também um desalinhamento

entre a formação oferecida e as expectativas do mercado de trabalho, especialmente com as novas exigências da Indústria 4.0. Isso evidencia a necessidade de integrar estratégias nos currículos que aproximem a academia das demandas reais do mercado, preparando melhor os futuros engenheiros para esses desafios (Pesquisa FAPESP, 2023; Mattasoglio Neto *et al.*, 2023).

Nesse contexto, iniciativas como a inclusão de parcerias e colaborações industriais nos currículos tornam-se cada vez mais relevantes. Essas estratégias visam reduzir a distância entre teoria e prática, garantindo que os estudantes desenvolvam habilidades técnicas e comportamentais alinhadas às exigências da Indústria 4.0. A conexão com o mercado de trabalho é essencial não só para preparar engenheiros mais capacitados, mas também para fortalecer a competitividade do setor industrial brasileiro, em um contexto global que exige inovação e eficiência (Kleba; Rufino, 2021). Contudo, o desafio de reverter a queda no número de ingressantes em cursos de Engenharia demanda uma revisão mais ampla do modelo educacional, a fim de torná-lo mais atrativo e alinhado às necessidades da sociedade e da indústria.

Assim, enquanto a convergência entre Indústria 4.0, Educação 4.0 e estratégias educacionais inovadoras é essencial para formar engenheiros aptos a liderar transformações tecnológicas, a redução no número de estudantes indica a necessidade urgente de repensar como esses cursos podem se alinhar melhor às demandas do mercado e às expectativas dos futuros profissionais.

2.2 EVASÃO E REDUÇÃO NO INGRESSO EM CURSOS DE ENGENHARIA

Entre 2014 e 2019, os cursos de Engenharia no Brasil enfrentaram uma significativa redução no número de ingressantes, sobretudo nas instituições privadas, onde a quantidade caiu de 305 mil para 173 mil, refletindo a redução do poder aquisitivo da população (Pieri, 2021). Em contrapartida, as instituições públicas registraram um aumento modesto, de 73 mil para 76 mil estudantes, impulsionado pela expansão das Universidades Federais (Mattasoglio Neto *et al.*, 2023). Esses dados, apresentados pela Pesquisa FAPESP (2023), destacam tendências distintas entre os setores público e privado no período analisado.

Apesar da queda no ingresso, a evasão continua a ser um dos principais desafios nos cursos de Engenharia. Dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

- INEP (2019) mostram que 68,74% dos estudantes que ingressaram nesses cursos entre 2012 e 2019 não concluíram a graduação. Essa tendência é confirmada por indicadores de fluxo acadêmico, que revelam um índice de conclusão de apenas 39% entre os ingressantes de 2010 a 2014, o que implica em uma evasão de 61% no período. A análise separada dos setores público e privado indica taxas de evasão de 52% e 64%, respectivamente (Pesquisa FAPESP, 2023). Essa elevada desistência reflete fatores tanto internos quanto externos às instituições.

Externamente, dificuldades de adaptação ao ambiente universitário, problemas financeiros e desalinhamento entre as expectativas dos estudantes e a realidade do curso estão entre os fatores mais significativos (Mello *et al.*, 2013). Internamente, destaca-se a insatisfação com os métodos didático-pedagógicos e a falta de infraestrutura adequada, aspectos que contribuem para desmotivar os alunos. Além disso, o desalinhamento entre a formação prévia dos ingressantes e as exigências do curso é um elemento crítico. Muitos estudantes chegam ao ensino superior sem a base necessária para acompanhar disciplinas fundamentais, como Física e Matemática, levando a altos índices de reprovação (Godoy; Almeida, 2017; Mattasoglio Neto *et al.*, 2023). Esse cenário foi agravado pela pandemia de COVID-19, que intensificou as deficiências de aprendizado devido à ausência de aulas presenciais.

Outro ponto relevante é a transição do ensino médio para a universidade, que exige novas competências e habilidades dos estudantes, como autonomia e organização. Entretanto, a adaptação é frequentemente dificultada pela linguagem técnica dos materiais, pelos métodos de avaliação e pela falta de suporte emocional e acadêmico, fatores que geram ansiedade e incerteza quanto ao futuro profissional (Soares; Costa; Fujiyama, 2024). A falta de práticas pedagógicas inovadoras também contribui para o afastamento dos estudantes, já que os currículos muitas vezes se concentram em teorias descontextualizadas, ignorando os processos históricos e sociotécnicos envolvidos na construção do conhecimento científico (Lima; Ostermann; Cavalcanti, 2018).

Esses desafios estruturais têm consequências diretas para a formação de engenheiros, com impactos que vão além do ambiente universitário. A alta evasão limita a disponibilidade de profissionais qualificados, comprometendo a capacidade da sociedade de atender às demandas por infraestrutura e inovação tecnológica (Lucio *et al.*, 2024). Diante desse cenário, é essencial repensar as estratégias de ensino e os currículos, promovendo abordagens mais inclusivas e conectadas à realidade dos estudantes, de modo a reverter o declínio no número de ingressantes e mitigar as elevadas taxas de abandono. Dessa forma, diversas instituições têm adotado

estratégias inovadoras para mitigar esses problemas e melhorar a retenção estudantil (Rufino *et al.*, 2023).

No curso de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), foi implementado o projeto *ConEQtar*, uma iniciativa de acolhimento que integra docentes e discentes em ações para facilitar a adaptação dos ingressantes. Desenvolvido por um grupo de trabalho composto pela coordenadora do curso, três professores do Núcleo Docente Estruturante (NDE) e representantes discentes do Centro Acadêmico e da Atlética, o projeto estabeleceu diretrizes específicas para atender às necessidades dos estudantes. Suas ações incluem apoio psicopedagógico, atividades mensais ao longo do primeiro ano e apadrinhamento por veteranos, promovendo vínculos sociais e emocionais. Além disso, o programa abrange temas como gestão de tempo, saúde mental e desenvolvimento de competências socioemocionais. Os resultados iniciais indicam impactos positivos na permanência estudantil e no sentimento de pertencimento ao curso e à universidade (Cunha *et al.*, 2023).

No Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (UFPA), as práticas laboratoriais demonstraram ser um fator decisivo na retenção de alunos da Engenharia Mecânica. Tais atividades proporcionam uma aplicação prática dos conceitos teóricos, desenvolvendo habilidades técnicas, pensamento crítico e engajamento acadêmico. Esse envolvimento aumenta a motivação e fortalece o vínculo dos estudantes com a universidade, contribuindo para a melhoria do desempenho acadêmico e a permanência no curso (Soares; Costa; Fujiyama, 2024).

Já o Centro Universitário da Fundação Santo André (CUFSA) implementou, em 2021, a disciplina Modelagem e Simulação do Mundo Físico, oferecida antes de Física I e Cálculo I. A iniciativa tem como objetivo preparar os alunos para os desafios dessas disciplinas, com foco na superação de deficiências de formação básica. Desde a sua inclusão, houve uma significativa redução na evasão: de 25% em 2017 para cerca de 12% em 2022. A disciplina trabalha competências essenciais e é alinhada às novas Diretrizes Curriculares Nacionais da engenharia, promovendo uma base sólida para o sucesso acadêmico (Mattasoglio Neto *et al.*, 2023).

De maneira semelhante, na Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), a reformulação curricular resultou na criação da disciplina Modelagem do Mundo Físico (MMF), voltada para as disciplinas iniciais do eixo de Física. Através de aulas teóricas e experimentais, os alunos exploram conceitos como vetores e fenômenos físicos aplicados,

utilizando ferramentas computacionais e experimentais. Essa abordagem facilita o aprendizado progressivo e estimula a autonomia dos estudantes, promovendo a integração entre teoria e prática e, conseqüentemente, reduzindo a evasão (Lucas *et al.*, 2023).

Percebe-se que existe uma necessidade crescente de apoiar os estudantes na superação de dificuldades em disciplinas do ciclo básico, especialmente Cálculo e Física, e, nesse sentido, cursos de nivelamento em matemática, como *workshops* e revisões, têm sido adotados, conforme mencionado anteriormente. Essas ações combinam revisão de conteúdos fundamentais, estratégias de estudo e desenvolvimento de autodisciplina, criando um ambiente mais favorável para o aprendizado e reduzindo a evasão (Campanati *et al.*, 2024).

De acordo com Campanati *et al.* (2024), essa falta de compreensão de matemática básica, assim como as deficiências nas habilidades de gerenciamento de tempo, foi ampliada pelas interrupções nos ambientes de aprendizagem tradicionais durante a época da pandemia de COVID-19. As lacunas de aprendizagem em matemática se acentuaram devido à falta de dispositivos tecnológicos adequados para o ensino remoto. Essas dificuldades contribuíram para que muitos estudantes se sentissem despreparados para cursar Engenharia, com lacunas de conhecimento acumuladas ao longo da experiência escolar. Além disso, a pandemia destacou as desigualdades no acesso a recursos educacionais, o que dificultou ainda mais a capacidade dos alunos de compreender conceitos matemáticos de forma eficaz.

O curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR) destacou-se por registrar, em 2023, a menor taxa de evasão em 14 anos. Esse resultado foi alcançado mediante a implementação de um novo currículo, ajustes em regulamentos administrativos e metodologias de ensino, além de ações pedagógicas integradas durante e após a pandemia. Essas mudanças não só flexibilizaram os processos acadêmicos, mas também ofereceram maior suporte aos alunos em suas trajetórias (Yamamoto, 2024).

Outro exemplo relevante foi o estudo realizado pela Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC) da Universidade Federal de Goiás (UFG), que apontou a necessidade de maior conexão entre teoria e prática no ensino de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação. Sugestões dos alunos incluíram maior interação entre docentes e discentes, flexibilidade nos horários das aulas e a adoção de metodologias de ensino que favoreçam o desenvolvimento de competências práticas alinhadas ao mercado de trabalho (Santana *et al.*, 2024).

Essas experiências mostram que intervenções planejadas e alinhadas ao perfil dos alunos podem não apenas melhorar o desempenho acadêmico, mas também fortalecer a conexão entre o estudante e a instituição, promovendo um ambiente de aprendizado mais acolhedor e eficaz.

2.3 ENSINO DE ENGENHARIA

O ensino de Engenharia tem sido alvo de revisões e propostas de transformação no cenário nacional. Os desafios enfrentados na formação de engenheiros incluem uma série de gargalos que afetam a qualidade do ensino, tais como disparidades entre universidades públicas e privadas, a falta de atividades práticas, currículos rígidos e dificuldades na interdisciplinaridade. Além disso, a falta de integração entre as disciplinas e a escassez de experiências práticas são limitações significativas, resultando em uma formação fragmentada e menos colaborativa, o que impacta diretamente a preparação dos futuros engenheiros. É necessário dar uma maior ênfase na responsabilidade ética e social, aspectos que muitas vezes são negligenciados nos currículos tradicionais. Esses gargalos são ainda mais acentuados pela formação de professores, que, em sua maioria, possuem uma formação técnica em engenharia, mas carecem de capacitação pedagógica adequada (Velho; Costa; Goulart, 2019; Lucas *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, as transformações no ensino de Engenharia têm sido impulsionadas por duas mudanças legais publicadas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE): as Diretrizes Curriculares Nacionais em 2019 e a curricularização da extensão em 2018.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia, instituídas em 2019, destacam a necessidade de formar profissionais com uma visão humanista, crítica e reflexiva, preparados para enfrentar as rápidas mudanças sociais, tecnológicas, econômicas e ambientais. Essas diretrizes orientam os projetos pedagógicos dos cursos a integrarem atividades que promovam o desenvolvimento de competências específicas, com foco na interdisciplinaridade e na combinação entre habilidades técnicas (*hard skills*) e comportamentais (*soft skills*) (Brasil, 2019).

A diferenciação entre habilidades e competências é crucial para compreender as exigências do ensino e do mercado de trabalho, especialmente no contexto das novas Diretrizes Curriculares Nacionais. As competências, conforme definido por Zabala e Arnau (2010) e Durand (2015), integram três dimensões do saber: o conhecimento (saber), as habilidades (saber fazer) e as atitudes (saber ser). Essa visão é ampliada pelo modelo CHA (Conhecimento, Habilidade e

Atitude), que organiza o desenvolvimento do indivíduo a partir de uma base que combina teoria, prática e postura crítica. Competências, portanto, abrangem um conjunto de capacidades que permitem a aplicação eficiente do conhecimento em contextos diversos, indo além da simples execução técnica.

Por outro lado, as habilidades são aspectos mais específicos e práticos, frequentemente derivados das competências. Elas representam a capacidade imediata de realizar tarefas ou resolver problemas com base em aprendizados técnicos e experiências práticas. As habilidades são manifestações concretas e mensuráveis das competências, sendo fundamentais para o desempenho técnico (Milani *et al.*, 2024).

Essa distinção também aparece na categorização entre *hard skills* e *soft skills*, enquanto as *hard skills* são habilidades técnicas, como o domínio de ferramentas específicas e conhecimentos especializados, essenciais na engenharia, as *soft skills* são competências interpessoais e comportamentais, como trabalho em equipe, criatividade, resolução de problemas e liderança. As DCNs de 2019 e as orientações do CONFEA/CREA (2016) reforçam a importância de desenvolver ambos os aspectos na formação de engenheiros. Essa formação deve permitir não apenas o domínio técnico, mas também a capacidade de trabalhar em equipe, tomar decisões estratégicas e adaptar-se a desafios dinâmicos, promovendo uma educação que prepara o profissional de forma integral para as demandas contemporâneas (Milani *et al.*, 2024).

As diretrizes introduziram mudanças significativas, conferindo maior flexibilidade e autonomia às instituições de ensino superior, colocando o estudante no centro do processo de ensino-aprendizagem, enquanto o professor assume o papel de facilitador e condutor das transformações educacionais. Essa abordagem reflete a necessidade de priorizar uma formação baseada em competências, garantindo que os graduados dominem não apenas conhecimentos técnicos, mas também desenvolvam habilidades práticas e socioemocionais essenciais para atender às demandas do mercado de trabalho e contribuir de forma relevante para a sociedade contemporânea (Brasil, 2019).

No entanto, as mudanças introduzidas pelas DCNs também geram debates. A obrigatoriedade de conteúdos relacionados à programação e algoritmos reflete uma visão mais pragmática da formação em engenharia, mas a retirada de disciplinas como comunicação e expressão, previstas nas DCNs de 2002, e a ausência de conteúdos obrigatórios das humanidades levantam questionamentos sobre possíveis lacunas no desenvolvimento de competências sociais e éticas.

Embora as novas diretrizes priorizem competências comportamentais, como trabalho em equipe, liderança e resolução de problemas, a falta de conteúdos das humanidades pode dificultar o aprofundamento em reflexões sobre questões sociais e éticas, essenciais para a formação integral do profissional (Rufino *et al.*, 2023).

As DCNs de 2019 desempenham um papel crucial ao orientar o ensino de engenharia para atender às exigências do mercado, garantindo que os egressos estejam não apenas aptos a desempenhar suas funções técnicas com excelência, mas também capacitados para lidar com desafios complexos e interdisciplinares, características essenciais para o contexto profissional contemporâneo (Oliveira *et al.*, 2021).

Já o movimento de curricularização tem raízes históricas, que remontam a 1968, com a promulgação da Lei 5540/1968 (Brasil, 1968), que reconheceu a indissociabilidade do tripé ensino-pesquisa-extensão nas universidades brasileiras. O Plano Nacional de Educação (PNE) 2001-2010, em suas metas 21 e 23, já instituíam a obrigatoriedade de que 10% dos créditos curriculares exigidos para a graduação fossem integralizados em ações extensionistas, uma medida que visava aproximar a formação acadêmica das necessidades sociais e promover a integração entre ensino, pesquisa e extensão (Brasil, 2001).

No entanto, foi somente com a Resolução N° 7 do Conselho Nacional de Educação (CNE) em 2018 que a extensão universitária recebeu uma regulamentação mais detalhada e consolidada, passando a integrar de forma obrigatória a matriz curricular dos cursos de graduação. O Artigo 3° da resolução trouxe uma nova concepção para a extensão universitária, definindo-a como:

a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa (Brasil, 2018).

Essa regulamentação teve como objetivo garantir que as atividades de extensão deixassem de ser meras ações extracurriculares, tornando-se uma parte essencial da formação acadêmica. Com isso, buscou-se aproximar o ensino superior da realidade social e profissional, oferecendo aos alunos experiências práticas que os preparassem de maneira mais eficaz para os desafios do mundo real (Rufino *et al.*, 2023).

Assim, a extensão universitária, que antes era uma atividade considerada marginal ou opcional em muitos cursos de graduação, passou a ser vista como um instrumento essencial para a

formação dos estudantes, integrando teoria e prática, e contribuindo para a transformação social e para o desenvolvimento de competências profissionais e cidadãs. A intenção da curricularização da extensão é promover uma integração mais eficaz entre o aprendizado teórico e as demandas práticas da sociedade. Com a inclusão das atividades de extensão no currículo acadêmico, espera-se que os alunos não apenas adquiram conhecimentos técnicos, mas também a capacidade de aplicá-los em contextos reais, contribuindo para o desenvolvimento social e profissional. A extensão, originalmente reconhecida como uma ferramenta essencial para atender às necessidades sociais e democratizar o conhecimento, tem sido valorizada por estimular a interação entre a academia e a comunidade, promovendo o desenvolvimento de competências fundamentais para o mercado de trabalho e a cidadania (Rufino *et al.*, 2023).

Entretanto, o trabalho de Rufino *et al.* (2023) verificou que muitas vezes as atividades de extensão têm tido como foco desenvolver competências alinhadas às exigências do mercado de trabalho. Embora tais atividades promovam cidadania e compromisso social, o estudo revela que, muitas vezes, elas não questionam profundamente as estruturas sociais existentes. Essa abordagem, embora de grande relevância, pode acabar limitando o desenvolvimento de uma reflexão crítica e mais profunda sobre as causas subjacentes das desigualdades sociais, o que comprometeria uma formação verdadeiramente transformadora.

Deve-se ressaltar que a extensão universitária, conforme definida pelo Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras (FORPROEX), vai além do simples compartilhamento de conhecimento. Ela é entendida como um processo de interação entre as universidades e as comunidades, no qual ambas as partes aprendem e colaboram na criação de soluções e no desenvolvimento de novos saberes. Para o FORPROEX, a extensão é um mecanismo de transformação social que conecta o ensino, a pesquisa e as demandas da sociedade (Bertoldi; Boeltro, 2023).

O FORPROEX estabelece cinco princípios orientadores para a atuação extensionista no Brasil. O primeiro é a interação dialógica, que promove um diálogo contínuo entre a universidade e a comunidade, permitindo o aprendizado mútuo. Em seguida, destaca-se a interdisciplinaridade, que incentiva a colaboração entre diferentes áreas do conhecimento e profissões, ampliando a capacidade de resolução de problemas sociais. O princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão defende que essas atividades não devem ser tratadas de forma isolada, mas integradas, enriquecendo tanto a formação dos estudantes quanto a aplicação do conhecimento. Além disso, a extensão deve impactar a formação dos alunos, tornando-os mais conscientes de

seu papel social e ético, e, por fim, ela deve gerar impacto social e transformação, com foco na resolução de problemas reais da comunidade (Bertoldi; Boeltro, 2023).

Essa abordagem está em sintonia com as Diretrizes Curriculares Nacionais, que reforçam o uso de metodologias ativas como instrumento para aproximar teoria e prática. Essas metodologias promovem o protagonismo dos estudantes em projetos práticos e situações reais, capacitando-os para enfrentar os desafios da interdisciplinaridade, uma exigência crescente no mercado de trabalho (Garcia *et al.*, 2021).

Nesse contexto, torna-se necessária uma mudança no foco da educação, deslocando a centralidade do professor para o aluno. Garcia *et al.* (2021) argumentam que a reestruturação da educação deve tornar o aprendizado mais dinâmico, engajador e eficaz, colocando os estudantes no centro do processo educativo. Essa perspectiva implica reformular os cursos de Engenharia, tornando-os mais colaborativos e interativos, estimulando os alunos a se envolverem ativamente com o conteúdo e o desenvolvimento das competências necessárias para o mercado de trabalho. Essa abordagem, ao mesmo tempo que promove o protagonismo do estudante, alinha a formação acadêmica às exigências contemporâneas, preparando engenheiros para enfrentar os desafios profissionais e sociais de maneira integrada e reflexiva.

A ênfase no desenvolvimento de competências em detrimento de conteúdos específicos oferece às instituições maior autonomia para adaptar seus currículos às demandas regionais, promovendo um alinhamento mais próximo com as realidades locais (Silva; Moraes, 2022). Contudo, essa flexibilidade exige criatividade e responsabilidade das universidades para garantir uma formação completa e equilibrada. Em um cenário onde competências como empatia, pensamento crítico e responsabilidade social são cada vez mais valorizadas, as lacunas no debate teórico-conceitual sobre questões sociais podem comprometer o objetivo de formar engenheiros preparados para atuar em uma sociedade em constante transformação (Mattasoglio Neto *et al.*, 2023).

No entanto, implementar essas mudanças representa um desafio significativo para as formas tradicionais de ensino, especialmente no contexto brasileiro. Muitas universidades têm sido lentas em adotar novas abordagens pedagógicas, e muitos educadores se sentem desconfortáveis com as inovações, em parte pela falta de familiaridade com práticas como o trabalho de extensão. Como resultado, prevaleceram métodos tradicionais, mesmo quando abordagens mais modernas puderam oferecer melhores resultados (Bertoldi; Boeltro, 2023).

Esse cenário de resistência foi evidenciado na pesquisa de Rufino *et al.* (2023), realizada em instituições como a UFRJ, UFRN, UFOP e ITA, que analisou como as universidades têm se adaptado à curricularização da extensão e às Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019. O estudo revelou que, embora haja um esforço teórico para adotar novas abordagens de ensino, muitas adaptações ainda estão restritas a documentos e planos de curso, sem uma aplicação prática efetiva nas salas de aula. Essa desconexão entre teoria e prática é especialmente visível entre as gerações mais antigas de professores, que encontram dificuldades em ajustar seus métodos de ensino, deslocando as expectativas de implementação dessas mudanças principalmente para os novos docentes.

Nesse contexto, entende-se que os programas de extensão, aliados às diretrizes das DCNs, podem atuar como uma ponte para superar essas lacunas. Ao incorporar projetos, estudos de caso e experiências práticas relevantes para o setor no currículo, essas iniciativas não apenas enriquecem a formação dos estudantes, garantindo que estejam bem preparados para enfrentar as demandas do mercado de trabalho, mas também criam oportunidades valiosas de desenvolvimento profissional. Tais programas podem oferecer aos alunos estágios, experiências cooperativas e *networking* com profissionais do setor, contribuindo para o aprimoramento de suas habilidades práticas e o fortalecimento de suas conexões na área (Rufino *et al.*, 2021; Rufino *et al.*, 2023).

Além disso, a integração das DCNs com programas de extensão apoia a pesquisa e a inovação, proporcionando aos estudantes de engenharia acesso a projetos de pesquisa avançados e iniciativas tecnológicas inovadoras. Essa colaboração promove uma cultura de criatividade e avanço no ambiente acadêmico, destacando o papel essencial de uma formação que vai além dos conteúdos teóricos, preparando os alunos para contribuir significativamente em suas futuras carreiras profissionais (Rufino *et al.*, 2021; Rufino *et al.*, 2023).

Um exemplo que ilustra a integração das DCNs com programas de extensão e inovação no ensino de engenharia é o trabalho de Santos e Serra (2024), que analisa o curso de Engenharia Civil da UFSCar. O curso busca formar engenheiros generalistas, humanistas, críticos, reflexivos e criativos, alinhados às expectativas do mercado de trabalho e da sociedade. Os egressos são preparados para desenvolver novas tecnologias, atuando de forma inovadora e empreendedora, com habilidade para identificar as necessidades dos usuários e projetar soluções criativas e sustentáveis para os desafios contemporâneos. Além disso, o curso adota uma abordagem transversal na prática profissional, considerando dimensões globais, políticas,

econômicas, sociais, ambientais e culturais, promovendo a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.

O Projeto Pedagógico do Curso (PPC), reformulado em 2019, demonstra avanços importantes na adequação curricular, incorporando as diretrizes das DCNs de maneira abrangente. O uso de metodologias ativas contribui para uma formação inovadora e centrada no aluno, enquanto projetos interdisciplinares fortalecem a integração de diferentes áreas do conhecimento, proporcionando uma visão holística. As atividades práticas, como estágios, iniciativas de extensão e projetos complementares, garantem que os alunos tenham experiências concretas de desenvolvimento profissional, ao mesmo tempo em que o curso mantém flexibilidade para que os estudantes possam personalizar suas trajetórias acadêmicas (Santos; Serra, 2024).

No entanto, o estudo aponta que ainda existem desafios a serem enfrentados. A ausência de programas estruturados de acolhimento e nivelamento para ingressantes é uma dessas lacunas, indicando a necessidade de medidas que facilitem a adaptação dos novos estudantes ao ambiente acadêmico. Além disso, a implementação de programas de capacitação docente, recomendada pelas DCNs, permanece limitada, o que pode comprometer a efetividade de uma formação pedagógica mais atualizada e alinhada às novas demandas educacionais (Santos; Serra, 2024).

Diferentemente de outros níveis de ensino, o professor universitário historicamente construiu sua identidade com base na experiência prática que possui em sua profissão, ou anteriormente exerceu, no mercado de trabalho (Cunha, 2010). A ideia de que “quem sabe fazer, sabe ensinar” foi um dos pilares que sustentou a lógica de recrutamento de docentes nesse contexto. No entanto, isso não significa que o domínio do conteúdo não seja essencial para o professor que ministra qualquer disciplina. Segundo Oliveira e Borges (2020), a integração eficaz das tecnologias no ensino superior exige que o docente tenha conhecimento em três áreas: pedagógica, de conteúdo e tecnológico. Isso porque, para ensinar utilizando as tecnologias, é necessário também aprender a utilizá-las, conforme argumentado por Mishra e Koehler (2006).

A preocupação com a formação pedagógica dos docentes também é evidenciada em iniciativas como a desenvolvida no curso de Engenharia de Materiais da UFSCar, descrita no trabalho de Lucas *et al.* (2023). Nesse contexto, foi criada a "Academia Movimenta", um espaço voltado ao estudo e debate de metodologias ativas de ensino. Essa iniciativa incentiva a prática de estratégias como TBL (*Team-Based Learning*), ProjBL (*Project-Based Learning*), ProbBL

(*Problem-Based Learning*), Sala de Aula Invertida, Instrução por Pares e Quizzes, promovendo a troca de experiências pedagógicas entre os docentes. Na pesquisa, observou-se que muitos professores já utilizam essas metodologias e compartilham suas vivências com os colegas, embora ainda seja necessário avaliar a percepção dos alunos em relação ao impacto dessas práticas em sua aprendizagem.

Além disso, no esforço para fortalecer a qualidade do ensino, o Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPG-CEM/UFSCar) criou, em 2019, a linha de pesquisa intitulada "Educação em Engenharia de Materiais". Essa linha reflete uma articulação estratégica para integrar avanços educacionais ao ensino de graduação. Em 2024, ela conta com seis docentes orientadores participantes, sendo descrita no site do PPG-CEM como:

Estudos sobre a situação atual e sobre as estratégias para melhoria da efetividade da Educação em Engenharia de Materiais no Brasil, visando aprimorar a contribuição dos profissionais formados na área ao setor produtivo e à sociedade. Avaliação das metodologias ativas de aprendizagem no ensino de Engenharia de Materiais (PPG-CEM/UFSCar).

Esses esforços demonstram que, em alguns cursos, já existe uma mobilização para enfrentar os desafios impostos pela falta de formação pedagógica entre os docentes. A integração de espaços como a "Academia Movimenta" e a criação de linhas de pesquisa voltadas à educação em engenharia representam passos significativos para consolidar práticas educacionais mais eficazes e promover a melhoria contínua da formação acadêmica. Essa abordagem proativa busca não apenas qualificar o ensino, mas também fomentar um ambiente que valorize a inovação e o impacto positivo na aprendizagem dos alunos.

Entretanto, apesar desses avanços pontuais, a realidade do ensino superior, especialmente nos cursos de engenharia, ainda enfrenta desafios estruturais. A necessidade de transformar o ambiente educacional torna-se evidente, particularmente em áreas como as engenharias, que demandam uma formação prática robusta. Mesmo sendo áreas eminentemente aplicadas, muitas vezes os cursos permanecem excessivamente centrados em aulas teóricas. Esse descompasso cria um hiato entre as competências exigidas pelo mercado de trabalho — que busca profissionais multidisciplinares, proativos e capazes de resolver problemas complexos — e as práticas pedagógicas tradicionais que predominam nas universidades (Belisário *et al.*, 2020). Assim, para superar essas limitações, é crucial que as instituições de ensino superior adotem ferramentas e metodologias que promovam a aprendizagem ativa e a integração entre teoria e prática, alinhando-se às demandas de uma sociedade digital e de um mercado de trabalho em constante transformação (Castro *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, as metodologias ativas emergem como ferramentas essenciais para a modernização do ensino superior ao promoverem uma aprendizagem mais significativa, centrada no estudante e alinhada às demandas do mercado e da sociedade atual. Por meio de práticas como a aprendizagem baseada em projetos e problemas, sala de aula invertida e instrução por pares, essas abordagens contribuem para a construção de competências técnicas e comportamentais, além de estreitar a relação entre teoria e prática. A relevância dessas metodologias será explorada com maior profundidade no item a seguir, destacando seu papel na formação de profissionais preparados para os desafios contemporâneos.

2.4 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO

A qualificação insuficiente dos docentes em metodologias de ensino, aliada à ausência de estratégias que integrem os conhecimentos técnicos ao desenvolvimento de competências mais amplas, como a reflexão crítica e a colaboração interdisciplinar, impacta diretamente a qualidade do ensino nas universidades. A capacitação contínua dos professores, por meio de eventos e discussões sobre metodologias ativas de ensino, é, portanto, uma prioridade para a melhoria da formação dos engenheiros (Lucas *et al.*, 2023).

Nesse cenário, as metodologias ativas emergem como uma abordagem indispensável, capaz de transformar a forma como o conhecimento é transmitido e aplicado. Tais metodologias desempenham um papel crucial na educação contemporânea, promovendo a participação ativa dos alunos, o pensamento crítico e a aplicação prática dos conteúdos aprendidos, o que contribui para uma experiência de aprendizagem mais significativa e eficaz (Casseiro; Henrique, 2020). Essas práticas buscam superar os desafios das abordagens tradicionais, muitas vezes focadas na memorização e transmissão unidirecional de informações, e inserem os alunos como protagonistas do processo educacional. A pirâmide elaborada por William Glasser colabora com o entendimento do papel do uso de Metodologias Ativas nos processos educacionais (Figura 2.1) e ilustra a diferença entre o Método de Aprendizado Passivo e o Método de Aprendizado Ativo.

Figura 2.1 – Pirâmide de William Glasser



A essência dessa transformação é bem sintetizada pela reformulação de Silberman (1996) de um provérbio popular, que descreve a progressão do aprendizado ativo:

“O que eu ouço, eu esqueço;
O que eu ouço e vejo, eu me lembro;
O que eu ouço, vejo, pergunto ou discuto, eu começo a entender;
O que eu ouço, vejo, discuto e faço, eu aprendo desenvolvendo conhecimento e habilidade (Silberman, 1996).”

Essa visão destaca a importância de abordagens que envolvam os alunos em atividades práticas e reflexivas, permitindo-lhes não apenas absorver conhecimentos, mas também aplicá-los e questioná-los de forma crítica. Nesse contexto, as metodologias ativas estimulam o desenvolvimento de competências essenciais, como autonomia, resolução de problemas e trabalho em equipe, promovendo uma formação mais alinhada às necessidades do mercado e da sociedade.

No Brasil, Freire (1996) também destaca a relevância de uma abordagem pedagógica ativa e dialógica, especialmente na educação de adultos. Sua perspectiva propõe um aprendizado centrado no diálogo, na valorização das experiências prévias dos estudantes e na construção conjunta do conhecimento. Para Freire (1996), o professor deve atuar como mediador e provocador de reflexões, estimulando os alunos a participarem ativamente do processo

educativo. Essa prática não apenas torna o aprendizado mais significativo, mas também prepara os alunos para lidar com os desafios da vida real de forma crítica e criativa.

No entanto, a implementação de metodologias ativas no ensino de engenharia no Brasil enfrenta desafios significativos relacionados à formação docente e à valorização das práticas pedagógicas. No cenário brasileiro, a simples introdução dessas metodologias, por si só, não garante mudanças profundas nas práticas de ensino. Para alcançar uma transformação significativa, é imprescindível que os professores assumam um papel central nesse processo, o que demanda investimentos consistentes em sua formação continuada (Ferreira *et al.*, 2024).

Isso é condizente com o trabalho de Sato (2023), que investigou o nível de conhecimento e a aplicação de metodologias ativas de ensino por professores universitários de engenharia, utilizando um questionário com três perguntas respondidas em escala *Likert*. Os resultados revelaram que, embora 78% dos professores relatem conhecer "muito" ou "parcialmente" essas metodologias, apenas 52% as aplicam efetivamente em suas disciplinas. Apesar dessa baixa aplicação, 93% dos docentes acreditam que o uso de metodologias ativas pode melhorar significativamente a aprendizagem dos alunos, evidenciando uma lacuna entre a percepção de benefícios e a prática pedagógica.

Entende-se que a valorização da carreira acadêmica no Brasil ainda está predominantemente atrelada a indicadores de produtividade em pesquisa, relegando o ensino a um plano secundário. Essa visão desestimula os professores a aprimorar suas práticas pedagógicas, dificultando a incorporação de abordagens inovadoras (Coelho, 2017). Tal quadro reflete uma tradição que prioriza conhecimentos técnicos e específicos da área de ensino, enquanto os aspectos pedagógicos, essenciais à formação docente, continuam sendo negligenciados (Xavier; Toti; Azevedo, 2017).

Em contraste, iniciativas internacionais demonstram avanços notáveis no campo da pedagogia de engenharia. Na Europa, por exemplo, países de língua alemã possuem uma tradição consolidada há mais de 70 anos no ensino da pedagogia da engenharia, estabelecendo estruturas robustas e eficazes para a formação docente. De maneira similar, a Federação Russa tem investido em programas na área por mais de duas décadas, acompanhada por uma rede internacional de universidades vinculadas à Sociedade Internacional de Pedagogia de Engenharia (IGIP), que promove o ensino baseado em competências em várias partes do mundo (Gormaz-Lobos; Galarce-Miranda; Hortsch, 2021).

Nos países de língua espanhola, especialmente no Chile, esforços mais recentes têm buscado integrar a pedagogia da engenharia às práticas acadêmicas. Parcerias como as entre a Universidade Técnica de Dresden e universidades chilenas resultaram em projetos que visam fortalecer a formação de engenheiros por meio de metodologias mais eficazes e centradas no aluno. Além disso, estudos realizados em universidades chilenas indicam um interesse crescente por parte dos docentes em cursos de capacitação focados na pedagogia da engenharia, destacando a necessidade de desenvolvimento profissional contínuo para atender às demandas educacionais contemporâneas (Gormaz-Lobos; Galarce-Miranda; Hortsch, 2021).

Essas iniciativas internacionais ressaltam a importância de se investir em formação docente voltada para uma educação baseada em competências, especialmente no contexto da engenharia. A incorporação de práticas pedagógicas modernas, como as metodologias ativas, pode não apenas transformar o ensino, mas também aproximar os professores brasileiros de uma realidade educacional mais integrada e alinhada aos desafios globais (Ferreira *et al.*, 2024).

As metodologias ativas desempenham um papel essencial na integração entre teoria e prática, ao incentivar uma aprendizagem ética, crítica e reflexiva, que estimula a aplicação do conhecimento em contextos reais. Superar os modelos tradicionais de ensino, ainda focados na memorização e transmissão unidirecional de conteúdo, exige a criação de ambientes de aprendizagem dinâmicos e centrados no aluno. Quando o currículo se limita apenas à transmissão de informações, ele compromete a formação dos estudantes, impedindo-os de aplicar o conhecimento adquirido em situações práticas, o que resulta em lacunas significativas em suas habilidades e compreensão (Oliveira *et al.*, 2021; Garcia *et al.*, 2021).

A seguir, serão apresentados alguns casos da literatura que evidenciam como a aplicação de metodologias ativas pode contribuir para a melhoria do aprendizado. No ensino de Física, por exemplo, essas abordagens têm sido fundamentais para superar as dificuldades enfrentadas na compreensão dos conteúdos. Abordagens experimentais, que conectam teoria e prática, desempenham um papel crucial ao permitir uma compreensão mais profunda dos conceitos fundamentais e ao destacar a importância dos modelos, observações e experimentos na validação de fenômenos físicos (Mazur, 2015). Além disso, a integração de tecnologias contemporâneas ao ensino tem se mostrado uma estratégia eficaz para engajar estudantes em um ambiente digital.

Um exemplo notável é o modelo SCALE-UP (Beichner *et al.*, 2007), desenvolvido para implementar metodologias ativas em turmas grandes, como as disciplinas básicas das engenharias. O modelo utiliza estratégias colaborativas e atividades práticas, partindo do princípio de que o aprendizado se torna mais eficiente quando os alunos aplicam os conhecimentos ativamente (Freeman, 2014). Entre 2014 e 2019, o Instituto de Física da USP utilizou o SCALE-UP em disciplinas como Física I e II, envolvendo cerca de 280 alunos por semestre de cursos como Bacharelado em Física, Astronomia, Geofísica e Meteorologia (Mattasoglio Neto *et al.*, 2023).

Os resultados evidenciaram um aumento significativo nas taxas de aprovação em Física I e II, além de um impacto positivo no desempenho em Física III dos alunos que participaram das aulas com metodologias ativas. Esses dados reforçam o potencial das práticas ativas para transformar o ensino superior, especialmente em áreas tradicionalmente desafiadoras como a Física (Mattasoglio Neto *et al.*, 2023).

Dentre as metodologias ativas, destaca-se a de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que é fundamentada nas ideias progressistas de John Dewey, enfatiza a aprendizagem ativa, a experiência prática e a reflexão crítica. Desde sua formalização na década de 1960, na Escola de Medicina da Universidade McMaster, no Canadá, a ABP tem se expandido para diferentes áreas do conhecimento, destacando-se na engenharia por sua capacidade de integrar teoria e prática (Kaushik, 2020; Ceh-Varela, Canto-Bonilla, Duni; 2023). No Brasil, a introdução da abordagem remonta à década de 1930, com Anísio Teixeira, que adaptou princípios da Escola Nova para promover a aprendizagem ativa por meio de projetos (Behrens; José, 2001).

A pesquisa de Fraga (2024) exemplifica o impacto dessa metodologia no ensino de engenharia, com o programa interdisciplinar Centro de Engenharia Aplicada (CEA). Nesse contexto, o ABP foi utilizado para desenvolver habilidades técnicas e comportamentais essenciais para a prática profissional, como pensamento crítico, liderança e comunicação. Alunos trabalharam em projetos reais, participando de workshops, interações com parceiros do setor e atividades em grupo, resultando em protótipos e relatórios.

Fraga (2024) concluiu que a ABP promoveu um aprendizado holístico, preparando os alunos para enfrentar desafios complexos da engenharia ao unir conhecimentos técnicos e competências comportamentais. Com isso, a ABP reafirma sua eficácia como uma abordagem pedagógica robusta, que estimula a inovação e a resolução de problemas, consolidando-se como

uma estratégia valiosa na formação de engenheiros aptos para lidar com as demandas do mercado e do mundo real (Bender, 2015).

Tem-se também a Aprendizagem Baseada em Problemas, uma abordagem pedagógica inovadora que transforma o papel dos alunos no processo de aprendizagem, priorizando sua participação ativa e autonomia. Diferentemente de métodos tradicionais, o PBL desafia os estudantes a resolver problemas reais e complexos, aplicando conhecimentos de forma prática e significativa. Ao integrar saberes de diferentes áreas, promove uma compreensão mais profunda dos temas e favorece o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, colaboração e comunicação eficaz, essenciais para o século 21. Essa metodologia torna o aprendizado mais dinâmico e motivador, ao preparar os alunos para desafios reais de suas futuras carreiras (Zambiasi *et al.*, 2024).

No contexto de ensino de engenharia, Silva *et al.* (2024a) implementaram um concurso inspirado no programa de TV *Shark Tank*, no qual os alunos de Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas (IFAL - Campus Palmeira dos Índios) foram desafiados a criar e apresentar projetos inovadores de pesquisa. Os participantes desenvolveram suas propostas com o apoio do Núcleo de Estudos em Geotecnia (NEGEO), que ofereceu orientação técnica e científica ao longo do processo. As atividades envolviam a definição de problemas relevantes, pesquisa de soluções viáveis, elaboração de propostas detalhadas e preparação para apresentações a uma banca avaliadora composta por docentes ("tubarões"). Cada projeto era avaliado com base no potencial científico, viabilidade prática e inovação. Os alunos também receberam treinamento em técnicas de comunicação para apresentarem suas ideias de forma clara e objetiva. Essa experiência proporcionou o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, criatividade e comunicação, além de estimular o interesse em pesquisa científica.

Já Rebelo (2024) aplicou metodologias ativas no ensino de Mecânica do Solo II, combinando aprendizagem baseada em problemas, estudos de caso e atividades práticas. Os alunos trabalharam em grupos para resolver problemas complexos relacionados à engenharia geotécnica, como o dimensionamento de fundações e análise de estabilidade de encostas. Foram realizadas atividades práticas em laboratório, incluindo a caracterização de solos, testes de compactação e análises de propriedades mecânicas, que conectavam os conceitos teóricos a situações reais.

A introdução de conteúdos inovadores, como "Novos materiais em pavimentos", foi conduzida por meio de *workshops* interativos, nos quais os alunos exploravam aplicações práticas desses materiais. A abordagem também incorporou gamificação para a revisão de conteúdos, utilizando Quizzes e desafios que tornaram o aprendizado mais dinâmico e envolvente. A avaliação foi contínua, considerando o desempenho dos alunos em atividades em grupo, relatórios técnicos e apresentações de soluções para problemas. Os resultados indicaram um maior engajamento e participação dos alunos, que desenvolveram competências técnicas e comportamentais essenciais para sua formação profissional (Rebelo, 2024).

Nesse contexto, a gamificação surge como uma estratégia complementar que potencializa o engajamento e a motivação dos alunos por meio de elementos lúdicos. Definida como a aplicação de mecânicas e dinâmicas de jogos em contextos não lúdicos, ela transforma a experiência educacional, tornando-a mais interativa e desafiadora. Ao incluir metas claras, recompensas simbólicas e competição saudável, a gamificação contribui significativamente para o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, colaboração e resiliência (Borges Júnior., 2020; Carrillo; Flores, 2020).

Esse potencial da gamificação é evidenciado em estudos como o de Moreira e Serra (2024), que investigaram seu impacto no ensino de Engenharia Civil por meio de um *workshop* focado em segurança no trabalho. Os alunos participaram de simulações que reproduziam desafios reais da indústria da construção, incorporando elementos de jogo para tornar o aprendizado mais prático e dinâmico, conforme apresentado na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Exemplo de gamificação: cenário inicial do canteiro de obras (Moreira; Serra, 2024)



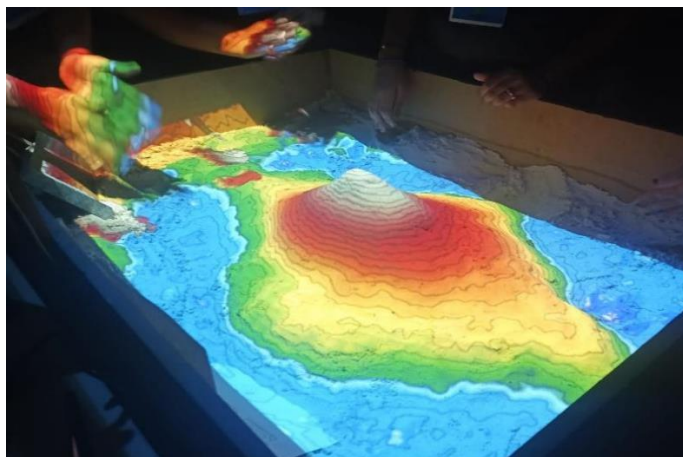
A avaliação, realizada por meio de questionários antes e depois da atividade, mediu o engajamento, motivação e desempenho acadêmico. Os resultados mostraram um aumento significativo no interesse dos alunos e na retenção do conteúdo, reforçando a eficácia da gamificação como uma estratégia de aprendizagem envolvente e eficaz (Moreira; Serra, 2024).

Em complemento a essas abordagens, a tecnologia de Realidade Aumentada (AR) também se destaca como uma ferramenta inovadora que integra o ensino prático e a interação com o conteúdo, ampliando as possibilidades de aprendizagem. Kirner e Kirner (2011) define a Realidade Aumentada como o processo de enriquecer o mundo real com informações virtuais, geradas por computador e percebidas através de dispositivos tecnológicos, como imagens, sons e sensações táteis.

Silva *et al.* (2024b) destacam a relevância da AR na implementação de metodologias ativas, oferecendo experiências de aprendizado interativas que permitem aos alunos manipular elementos virtuais em tempo real. A AR, ao ser combinada com interfaces tangíveis, fortalece a mudança para abordagens de ensino mais centradas no aluno, favorecendo um aprendizado participativo e colaborativo. Esse conceito foi aplicado no estudo desenvolvido no Instituto Federal de Alagoas (IFAL - Campus Maceió), onde o SARndbox, uma ferramenta baseada em AR, foi utilizada para promover uma aprendizagem prática em Engenharia Civil. A metodologia adotada no curso seguiu cinco etapas: aquisição de materiais, instalação do software, integração do sistema, calibração e execução do SARndbox, seguidas por uma palestra interativa (Silva *et al.*, 2024).

O SARndbox permitiu aos alunos realizar simulações de mapas topográficos e fluxos de água ou lava, tornando-se uma ferramenta valiosa para explorar conceitos de topografia, geologia e hidrologia, conforme apresentado na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Exemplo de AR: formas de relevo com uso de SARndbox (Silva *et al.*, 2024b)



Durante o curso, a eficácia do SARndbox foi avaliada em termos de adequação pedagógica, alinhamento com o conteúdo do curso e satisfação dos alunos. Os resultados demonstraram que a ferramenta possibilitou uma compreensão mais profunda de formas de relevo e simulações de cenários urbanos, com grande potencial para o ensino interdisciplinar. A instalação e calibração precisas dos componentes, como o sensor *Kinect*, foram fundamentais para garantir uma experiência educacional eficaz (Silva *et al.*, 2024b).

Destaca-se a pesquisa de Sato (2023), que investigou o uso de metodologias ativas pelos professores das disciplinas de Engenharia Civil em 20 universidades brasileiras, e revelou que, embora reconhecidas como eficazes, essas metodologias são pouco adotadas de maneira geral, com variações significativas entre áreas e disciplinas. O estudo de caso, no entanto, foi adotado por 64% dos professores, que aplicam "sempre" ou "na maioria das vezes", destacando-se como a metodologia mais utilizada. Já as discussões em grupo foram aplicadas por 41% dos docentes, e 13% usaram a sala de aula invertida com frequência, especialmente após a adaptação ao ensino remoto durante a pandemia de COVID-19. Outras metodologias, como ABP, gamificação e competições apresentaram uma adoção bem mais baixa. Apenas 6% dos professores afirmaram usar gamificação com frequência, e as competições praticamente não são utilizadas.

Quando os dados foram segmentados por eixos de conhecimento, foi possível observar diferenças significativas. No eixo de Construção Civil, por exemplo, houve um aumento

considerável no uso de metodologias ativas: o uso do estudo de caso subiu de 27% para 53%, e as discussões em grupo passaram de 29% para 53%. Além disso, a sala de aula invertida aumentou de 13% para 24%, e a ABP teve um aumento de 8% para 18% (Sato, 2023).

Já no eixo de Geotecnia, Sato (2023) observou um aumento no uso da gamificação, que subiu de 6% para 15%. A discussão em grupo foi mencionada por 38% dos professores, e a sala de aula invertida foi usada por 15%. Metodologias como ABP, competições e estudo de caso permaneceram pouco representadas nesse grupo. No entanto, no eixo de Estruturas, o uso de metodologias ativas foi muito mais restrito, com uma predominância de respostas indicando que essas metodologias são pouco ou ocasionalmente aplicadas (Sato, 2023).

Esses resultados reforçam a ideia de que a implementação efetiva das metodologias ativas ainda depende de fatores como a área do conhecimento, a resistência cultural de certos grupos de professores e a falta de formação e apoio institucional contínuo. A área de Estruturas, que é tida como mais tradicional, mostrou-se menos receptiva a essas abordagens, enquanto a área de Construção Civil, apresentou maior abertura e aplicação de novas metodologias. Com base nesses resultados, serão explorados alguns casos específicos de metodologias ativas aplicadas nas disciplinas do eixo de Estruturas, assim como o ensino nessa área tem evoluído. A análise desses casos permite compreender melhor as dificuldades e os potenciais da implementação dessas abordagens pedagógicas.

2.5 ENSINO NA ÁREA DE ESTRUTURAS

Na Engenharia Civil, a segurança das estruturas desempenha um papel crucial, sendo essencial para garantir a estabilidade e resistência das edificações. As estruturas suportam as cargas e esforços que atuam nas construções, e sua análise e dimensionamento corretos são fundamentais para evitar falhas que possam comprometer a segurança dos usuários. Dessa forma, a formação de engenheiros civis deve incluir não apenas o entendimento teórico, mas também a aplicação prática desses conhecimentos. Disciplinas como Mecânica dos Sólidos, Resistência dos Materiais, Isostática e Hiperestática oferecem o embasamento necessário para as disciplinas de projetos estruturais, essenciais para o planejamento e execução de edificações seguras e eficientes (Lopes, 2021; Carvalho *et al.*, 2021).

Durante a graduação, existe o desafio de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em situações práticas na área de estruturas. Essa dificuldade pode levar à desmotivação e a

questionamentos sobre a relevância dos aprendizados. O ensino tradicional, centrado em aulas expositivas, muitas vezes não envolve ativamente os alunos na construção do conhecimento ou na aplicação prática do que foi ensinado, o que favorece a memorização de conceitos sem uma compreensão profunda (Teixeira; Addum, 2020). Ainda que problemas mais realistas sejam propostos em algumas disciplinas, quando abordados por métodos convencionais, eles são insuficientes para promover uma conexão significativa entre teoria e prática (Caritá *et al.*, 2019; Barbirato; Santos, 2024).

Um exemplo disso é o abordado no estudo de Pereira, Melo e Costa (2024), que adotaram uma abordagem qualitativa para investigar o ensino da disciplina de Teoria das Estruturas, focando tanto nos aspectos teóricos quanto práticos. A pesquisa, conduzida na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e no Instituto Federal de Alagoas (IFAL), coletou dados por meio de questionários on-line, permitindo que os alunos expressassem suas percepções sobre a metodologia de ensino, composta principalmente por aulas expositivas e exercícios complementares, com carga horária entre 54 a 72 horas.

Os resultados mostraram uma insatisfação considerável em relação à abordagem prática da disciplina, que foi avaliada de forma significativamente inferior à abordagem teórica. Enquanto 89,1% dos alunos consideraram a abordagem teórica boa ou ótima, apenas 51,3% fizeram a mesma avaliação para a prática. Além disso, 30% dos alunos deram nota inferior a 5 para a prática, contra apenas 5% para a teoria. Esse *feedback* destaca a necessidade de integrar mais efetivamente a teoria e a prática no curso (Pereira; Melo; Costa, 2024).

Os alunos sugeriram diversas melhorias, como a inclusão de exemplos práticos durante as aulas teóricas, o uso de exercícios mais pertinentes e a adoção de métodos de ensino mais lúdicos. Também sugeriram atividades que conectassem a teoria às aplicações reais, como simulações de projetos estruturais e desenvolvimento de miniprojetos. Essas sugestões reforçam a importância de um ensino mais equilibrado, que prepare melhor os estudantes para os desafios do mercado de trabalho e atenda às exigências da Engenharia Civil (Pereira; Melo; Costa, 2024).

Percebe-se que o ensino tradicional nas disciplinas supracitadas frequentemente se apoia em representações bidimensionais e extensos cálculos, o que limita a variedade de modelos explorados e restringe a profundidade conceitual abordada (Costa *et al.*, 2024). Embora essas abordagens possam oferecer uma base teórica sólida, elas falham em preparar os alunos para os

desafios do mercado de trabalho, onde é essencial aplicar os conceitos teóricos a situações reais e complexas. Nesse sentido, a experiência prática torna-se essencial para a formação de engenheiros capacitados. Atividades como projetos de dimensionamento e cálculos estruturais permitem que os estudantes se familiarizem com o processo de desenvolvimento de projetos reais, conectando a teoria à prática de forma eficaz (Lopes, 2021).

Diante dessas limitações, metodologias ativas surgem como uma alternativa pedagógica promissora no ensino de estruturas. Essas metodologias promovem uma conexão mais direta com os desafios da prática profissional, engajando os alunos no processo de aprendizagem de maneira ativa. Além de incentivar a resolução de problemas e o trabalho em equipe, competências fundamentais na engenharia estrutural, elas ajudam a preparar os alunos para lidar com as demandas reais da profissão (Barbirato; Santos, 2024).

Estudos recentes, como o de Amorim (2024), vêm demonstrando a eficácia de metodologias como o "*Flipped Classroom*" (sala de aula invertida) no ensino de disciplinas essenciais para a formação em engenharia estrutural. Ao disponibilizar conteúdo teórico antes das aulas e dedicar o tempo presencial para atividades práticas e resolução de problemas, essa abordagem resultou em melhorias no desempenho acadêmico, maior engajamento dos alunos e no desenvolvimento de habilidades práticas. Esse tipo de metodologia também mostra o potencial de promover um aprendizado mais ativo, preparando melhor os alunos para os desafios da profissão e garantindo uma formação mais robusta (Amorim, 2024).

Outro exemplo é o de Barbirato e Santos (2024), que realizaram um estudo no qual implementaram a Aprendizagem Baseada em Projetos na disciplina de Teoria das Estruturas 2, ofertada no curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas - CTEC/UFAL. O objetivo central do trabalho foi promover a integração entre teoria e prática no ensino da análise estrutural, superando limitações frequentemente observadas em métodos tradicionais que incentivam a postura passiva dos alunos no processo de aprendizagem. A abordagem adotada buscou incentivar a participação ativa dos estudantes, promovendo um ambiente de aprendizado dinâmico e enriquecido por interações significativas entre alunos, professores e monitores.

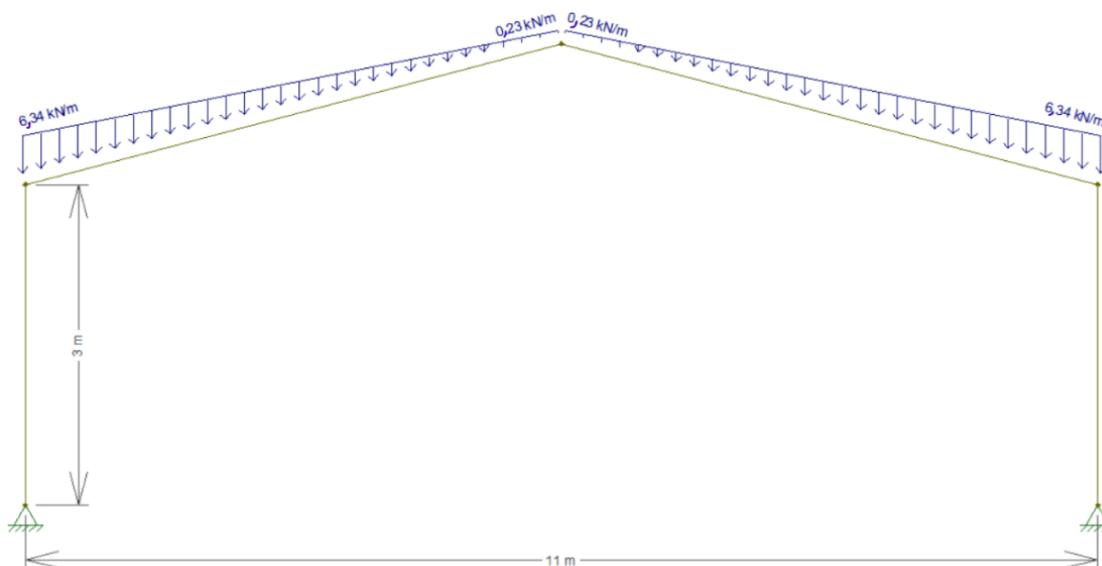
No desenvolvimento da metodologia, os estudantes foram organizados em grupos de até seis integrantes, o que favoreceu o trabalho colaborativo e o desenvolvimento de competências como análise estrutural e resolução de problemas. Cada grupo foi responsável por selecionar

uma estrutura real, já construída ou em fase de projeto, para análise, garantindo que o aprendizado teórico fosse aplicado a contextos práticos (Barbirato; Santos, 2024). A Figura 2.4 apresenta uma estrutura real escolhida por um dos grupos.

Figura 2.4 – Pórtico real utilizado na metodologia, em destaque com a linha vermelha tracejada (Barbirato; Santos, 2024)

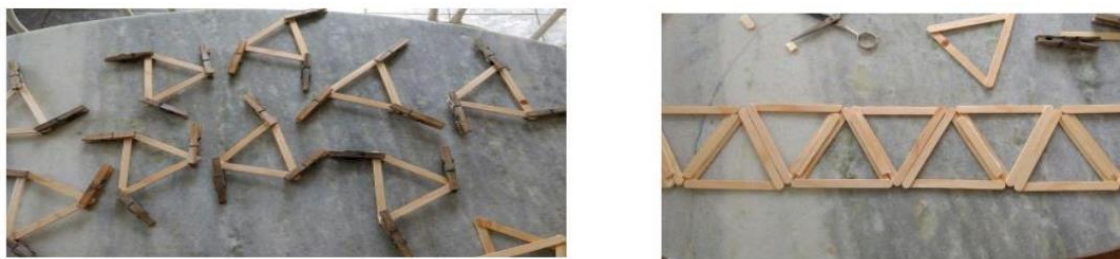


A orientação dos professores foi essencial para assegurar que as estruturas escolhidas fossem compatíveis com o nível de conhecimento dos alunos e pudessem ser modeladas adequadamente. O processo incluiu a construção de modelos teóricos que representassem as características físicas e matemáticas das estruturas escolhidas, com os estudantes participando de sessões de orientação para compreender os fundamentos teóricos de seus projetos. A análise estrutural foi realizada tanto por meio de métodos clássicos, como cálculos manuais, quanto com o auxílio de *softwares* especializados, como o Ftool, proporcionando uma aplicação prática dos conceitos relacionados à hiperstaticidade. Na Figura 2.5 tem-se o modelo do pórtico real da Figura 2.4 no *software* Ftool.

Figura 2.5 – Pórtico da Figura 2.5 modelado no *software* Ftool (Barbirato; Santos, 2024)

Por fim, os resultados foram discutidos em sala de aula, e a avaliação incluiu o uso de rubricas previamente definidas, o que facilitou um processo avaliativo colaborativo e permitiu que os estudantes recebessem *feedbacks* construtivos. Essa dinâmica contribuiu para o aprofundamento do conhecimento e a consolidação do aprendizado (Barbirato; Santos, 2024).

Outo estudo é o de Barros *et al.* (2018), que buscou aprimorar o ensino de Mecânica Geral na Engenharia Civil, integrando teoria e prática por meio de uma abordagem experimental. Para isso, os alunos foram organizados em grupos de quatro e construíram treliças utilizando palitos de picolé (Figura 2.6), inspirando-se na ideia de kits experimentais desenvolvidos por Marcio Siqueira de Oliveira (*Mola Structural Kit*, 2008).

Figura 2.6 – Treliças confeccionadas com palito de picolé (Barros *et al.*, 2018)

Para melhor compreensão dos conceitos, cada grupo realizou cálculos estruturais para determinar tensões internas, identificar elementos em compressão e tração, e criar os diagramas de esforço normal com base em cargas aplicadas. Os resultados indicaram uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos, maior engajamento dos estudantes e melhora no

desempenho acadêmico, destacando a importância de atividades práticas para consolidar o aprendizado na formação de engenheiros civis (Barros *et al.*, 2018).

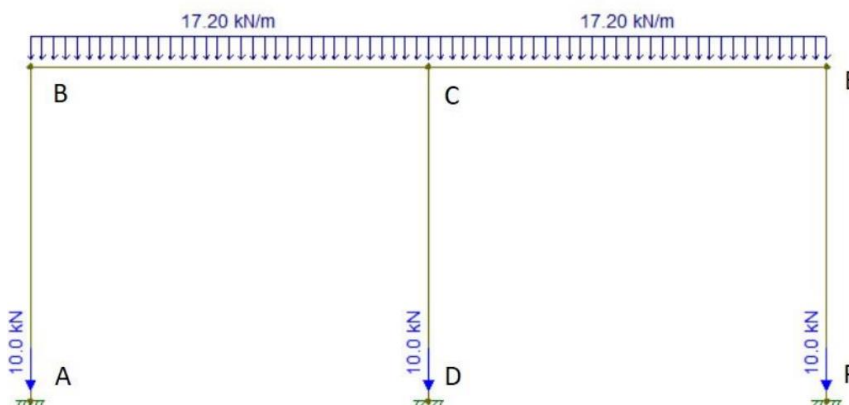
Na mesma linha que o trabalho anterior, tem-se o estudo realizado por Silva *et al.* (2023), que teve como objetivo explorar os resultados de uma atividade baseada na metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas na disciplina de Teoria das Estruturas II, no curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). A proposta visava integrar teoria e prática, promovendo uma abordagem mais concreta e aplicada à análise estrutural.

A atividade foi estruturada em cinco etapas principais: definição da situação-problema, seleção de uma estrutura real, construção do modelo teórico, análise estrutural e avaliação dos resultados. A situação-problema consistiu na escolha de um pórtico e a estrutura real considerada adequada foi o portal de entrada da cidade de Bom Conselho, Pernambuco, apresentado na Figura 2.7 (Silva *et al.*, 2023).

Figura 2.7 – Portal de entrada da cidade de Bom Conselho-PE (Silva *et al.*, 2023)

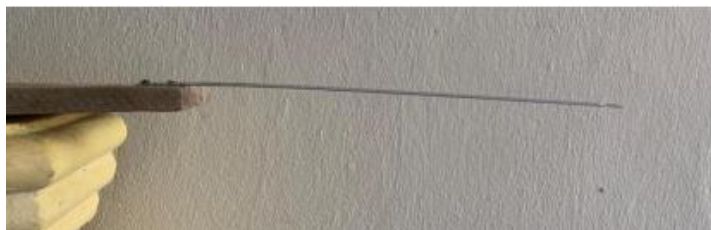


Já na terceira etapa, que é a construção do modelo teórico, os alunos determinaram as cargas atuantes na estrutura, considerando o peso próprio dos elementos, com base na NBR 6120 (ABNT, 2019). O modelo teórico foi elaborado e inserido no *software* Ftool, conforme apresentado na Figura 2.8.

Figura 2.8 – Modelo teórico da estrutura real (Silva *et al.*, 2023)

Com o modelo teórico, os alunos partiram para a quarta etapa, que foi a de análise estrutural utilizando o Método da Forças, dos Deslocamentos e o processo de Cross. Por fim, foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos manualmente e os gerados pelo Ftool, o que revelou discrepâncias mínimas, demonstrando a consistência dos cálculos realizados pelos estudantes. Os resultados indicaram que a atividade proporcionou uma experiência prática relevante, ampliando a compreensão dos conteúdos teóricos e desenvolvendo habilidades aplicadas. A estratégia mostrou-se eficaz, conectando teoria e prática, e contribuiu para uma aprendizagem mais significativa, reforçando a importância de metodologias ativas no ensino de engenharia (Silva *et al.*, 2023).

Já o trabalho de Carvalho *et al.* (2021) apresenta os resultados da aplicação de uma Aprendizagem Baseada em Projetos na disciplina de Mecânica dos Sólidos III do IFAL–Palmeira dos Índios, como alternativa metodológica durante o ensino remoto emergencial. A situação problema principal consistiu no projeto de uma viga para sustentação de uma placa. A segunda etapa consistiu na construção de um protótipo para determinação experimental do módulo de elasticidade da viga, utilizando os conceitos aprendidos durante a disciplina. Para isso, os alunos definiram as condições de contorno, assim como o material da viga, que foi um material polimérico proveniente de uma régua comum com 50 cm de comprimento, conforme ilustrado na Figura 2.9. Foi necessário que as dimensões e o material da placa fossem adotados, para que dessa forma, os carregamentos pudessem ser determinados.

Figura 2.9 – Protótipo de uma viga engastada livre (Carvalho *et al.*, 2021)

Com o valor do módulo de elasticidade determinado, foi possível projetar e fazer a análise de tensões da viga de suporte. A atividade baseada em projetos proporcionou aos estudantes a oportunidade de aplicar a teoria abordada em aula no desenvolvimento de um projeto prático de viga, simulando uma situação real de maneira didática. Carvalho *et al.* (2021) afirmam que a atividade contribuiu significativamente para o avanço do ensino de Engenharia Civil, promovendo discussões sobre metodologias pedagógicas inovadoras e estratégias de ensino mais eficazes.

Na mesma linha de raciocínio, o trabalho de Silva e Vasconcelos (2023) apresenta os resultados de uma Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada na disciplina de Mecânica dos Sólidos III do curso de Engenharia Civil do IFAL– Palmeira dos Índios. Baseando-se nessa metodologia, os alunos precisaram elaborar e analisar uma situação problema, além de confeccionar um modelo reduzido de uma viga composta de material que apresentasse boa ductilidade, e para esse experimento, os alunos escolheram o poliestireno expandido (EPS). Além disso, os discentes projetaram uma viga em tamanho real com base no material e no modelo escolhidos anteriormente, e calcularam e analisaram as tensões relativas à viga.

O experimento foi realizado no canteiro de obras da instituição, utilizando materiais simples e acessíveis, como balança, brita, recipiente plástico, fita adesiva, EPS, tijolos, régua, paquímetro e uma câmera de celular para registros visuais (Silva; Vasconcelos, 2023). A montagem simulou uma viga em balanço com carga na extremidade livre, conforme ilustrado na Figura 2.10. Uma placa de EPS, com dimensões de 0,015 m de espessura, 0,23 m de largura e 0,19 m de comprimento, foi fixada para restringir movimentos verticais, horizontais e rotações. Massas foram adicionadas gradualmente a um recipiente anexado à extremidade livre, enquanto o deslocamento vertical da placa era registrado por filmagens e medições periódicas, gerando dados para análise (Silva; Vasconcelos, 2023).

Figura 2.10 – Simulação de uma viga em balanço com carga na extremidade livre (Silva; Vasconcelos, 2023)



Os alunos determinaram experimentalmente o módulo de elasticidade do EPS, além de traçarem o seu gráfico de tensão-deformação, revelando seu baixo módulo de elasticidade. Já a análise teórica incluiu o dimensionamento da viga para atender ao limite de flecha máxima permitido e a determinação do momento de inércia, utilizando os deslocamentos medidos. A modelagem no *software* Ftool possibilitou o cálculo das tensões máximas de tração, compressão e cisalhamento na viga. Os resultados confirmaram o atendimento aos critérios estruturais, validando a conexão entre os conceitos teóricos e a aplicação prática, além de fortalecer a integração do aprendizado teórico com atividades experimentais relevantes (Silva; Vasconcelos, 2023).

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO

Percebe-se que as metodologias ativas empregadas nos estudos analisados destacam-se pela ênfase na aplicação prática, com o objetivo de aprimorar o ensino em disciplinas de estruturas. Essas iniciativas buscam conectar os conceitos teóricos às suas aplicações reais, preparando os estudantes para utilizar esse conhecimento de forma consistente nas disciplinas de projetos estruturais, onde esses fundamentos são essenciais.

Considerando a complexidade dos conteúdos nas disciplinas do eixo de estruturas e sua relevância na formação dos engenheiros civis, a revisão evidenciou a necessidade de fornecer aos alunos ferramentas didáticas que facilitassem essa conexão, assim como é comumente feito em áreas como materiais de construção. A integração entre teoria e prática promove uma compreensão mais profunda dos conteúdos e facilita a transição dos alunos para os desafios

profissionais, consolidando uma formação sólida e alinhada às exigências do mercado de trabalho.

Assim, a revisão exploratória da literatura foi um passo necessário para fundamentar a pesquisa, pois permitiu não só identificar as lacunas existentes no ensino de estruturas, como também orientar a construção de uma proposta pedagógica que atenda aos objetivos do trabalho, que neste caso foi a criação de um método que incorpora a metodologia ativa PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas) nas disciplinas do eixo de estruturas. A escolha do PBL foi motivada por sua capacidade de aproximar teoria e prática, tornando-se uma abordagem particularmente adequada para o ensino dessas disciplinas na Engenharia Civil. Segundo Savery (2015), o PBL é uma abordagem pedagógica centrada no aluno, onde o aprendizado ocorre por meio da resolução de problemas complexos e abertos, estimulando o pensamento crítico, a autonomia, além de habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

CAPÍTULO 3

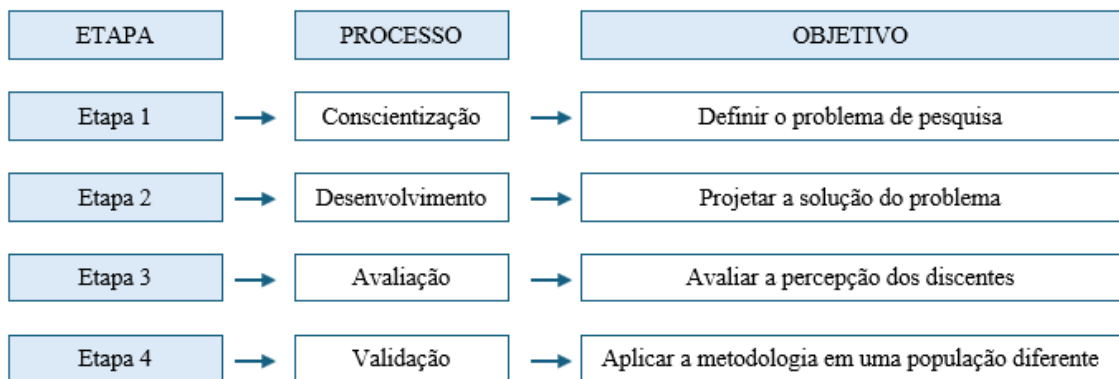
METODOLOGIA

Esta pesquisa visou implementar a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas em disciplinas do eixo de Estruturas de cursos de Engenharia Civil, além de avaliar a percepção dos discentes sobre o uso da metodologia.

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

Para atingir o objetivo da pesquisa, o trabalho foi desenvolvido conforme o apresentado no fluxograma da Figura 3.1.

Figura 3.1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.



3.2 CONSCIENTIZAÇÃO

A primeira etapa da pesquisa consistiu na conscientização sobre a importância da aplicação da metodologia ativa, a partir da compreensão da Classe de Problemas, que visou entender a importância e relevância do artefato por meio da compreensão do problema. No caso deste trabalho, essa conscientização se deu em duas partes: inicialmente, após mais de dez anos de atuação como professora do eixo de estruturas, identificou-se a necessidade de utilizar uma metodologia diferente de ensino, que facilitasse a compreensão dos alunos em relação à teoria abordada nessas disciplinas. O objetivo é promover uma conexão mais clara entre a teoria e a prática, permitindo que os estudantes não apenas absorvam o conteúdo teórico, mas também entendam sua aplicação em contextos reais.

A segunda parte envolveu uma revisão exploratória da literatura, apresentada no Capítulo 2 desta dissertação, com o intuito de fornecer uma base teórica para a aplicação de metodologias ativas que aprimorassem o ensino nas disciplinas de estruturas.

3.3 DESENVOLVIMENTO

Esta etapa de desenvolvimento buscou resolver a necessidade identificada e se deu por meio de um processo sistemático e iterativo, de forma a garantir que a implementação da metodologia fosse relevante, eficaz e prática. Para isso, foram realizadas sub etapas, sendo elas: a construção do protótipo, definição dos critérios e a apresentação e aplicação da metodologia ativa.

3.3.1 Construção do protótipo

A etapa de construção do protótipo tem como foco principal assegurar que os resultados experimentais estejam alinhados com os cálculos teóricos, garantindo que o protótipo represente adequadamente as condições reais encontradas em situações de engenharia. Durante essa fase preliminar, o processo é conduzido exclusivamente pelos professores, sem a participação dos alunos. Essa abordagem permite uma avaliação técnica detalhada, possibilitando ajustes necessários no protótipo antes de sua introdução no ambiente de aprendizagem. O objetivo é garantir que o protótipo facilite a conexão eficiente entre teoria e prática em sala de aula, além de assegurar que os experimentos sejam tecnicamente sólidos e coerentes com os padrões das disciplinas de estruturas.

Nessa etapa, podem ser adotadas premissas específicas para que os experimentos reflitam os conceitos ensinados nas disciplinas, o que é essencial na área de estruturas. Muitas vezes, realiza-se aproximações nos cálculos, como a consideração do regime elástico linear, para simplificar a modelagem sem comprometer a coerência com os princípios teóricos. A construção do protótipo também serve como base para a definição dos critérios para a aplicação do PBL.

3.3.2 Definição dos critérios

Com a criação do protótipo, foram estabelecidos alguns critérios para a implementação da metodologia. A criação de critérios é essencial para assegurar a qualidade e a eficácia das pesquisas conduzidas nessa área. Esses critérios proporcionam uma base estruturada para

avaliar a eficácia e a eficiência dos métodos, garantindo que o processo de avaliação seja sistemático e abrangente. A padronização promovida pelos critérios facilita a comparação entre diferentes soluções, permitindo identificar aquelas que apresentam melhor desempenho em contextos específicos. Por fim, os critérios apoiam o desenvolvimento iterativo, permitindo ajustes contínuos com base em *feedbacks* e avaliações (Leroy, 2019; Weigan; Johannesson, 2023).

Para estabelecer esses critérios, é fundamental que eles sejam claros, mensuráveis, e alinhados aos objetivos da pesquisa e às necessidades do problema que se busca resolver. Devem incluir dimensões que avaliem a eficácia funcional, a eficiência, a utilidade prática, a inovação e o impacto no contexto de aplicação. Além disso, o processo de definição dos critérios deve ser colaborativo para assegurar que as perspectivas relevantes sejam consideradas. Os critérios também precisam ser flexíveis o suficiente para acomodar ajustes iterativos, mas rigorosos para garantir resultados consistentes e confiáveis (Leroy, 2019; Weigan; Johannesson, 2023).

3.3.3 Apresentação e aplicação da metodologia ativa

A terceira sub etapa do desenvolvimento envolve a apresentação e aplicação da metodologia ativa em sala de aula. Nesse momento, explica-se aos alunos que a disciplina contará com uma atividade diferenciada, voltada à integração entre teoria e prática. Além disso, entender o conhecimento prévio dos alunos sobre metodologias ativas e suas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem, com o objetivo de identificar o nível de familiaridade dos participantes com o tema e promover maior engajamento no processo.

Em seguida, apresenta-se o conceito de metodologias ativas, enfatizando que elas colocam o aluno no centro do aprendizado, incentivando sua participação ativa, reflexão crítica e construção colaborativa do conhecimento. Destaca-se ainda como essas metodologias contribuem para o desenvolvimento de habilidades práticas, maior retenção de conteúdo e aplicação dos conceitos teóricos em situações reais. Essa abordagem prepara os alunos para a realização da atividade, ressaltando a relevância da conexão entre teoria e prática no contexto da disciplina.

Entende-se que a atividade em grupo desempenha um papel fundamental na formação do engenheiro, considerando que a profissão exige colaboração e integração de ideias. Dessa forma, a formação dos grupos deve ocorrer em sala de aula, onde os alunos são orientados a

desenvolver suas próprias situações-problema. Utilizando o conhecimento teórico previamente adquirido, os grupos devem propor soluções estruturais que respondam aos desafios criados por eles mesmos, promovendo uma aplicação prática e contextualizada dos conceitos trabalhados na disciplina.

Embora as metodologias ativas privilegiem o protagonismo do aluno, o papel do professor é essencial como orientador no processo de desenvolvimento das atividades. Para isso, devem ser programados encontros ao longo da disciplina, nos quais os alunos terão a oportunidade de esclarecer dúvidas e debater possíveis soluções com o professor e entre si. Esses momentos de interação visam não apenas orientar os grupos, mas também estimular a reflexão crítica e a colaboração, garantindo que os objetivos pedagógicos sejam alcançados de forma eficaz.

É importante que as etapas de cálculo para a construção do experimento sejam detalhadas. Cabe ao professor da disciplina decidir se esses cálculos devem ser realizados e entregues etapa por etapa, como foi o caso nesta pesquisa, ou se os alunos devem entregar todos os cálculos de forma consolidada. Independentemente da abordagem escolhida, é fundamental que as orientações sejam apresentadas de maneira clara e bem esclarecidas.

3.4 AVALIAÇÃO

A terceira etapa consistiu na avaliação da percepção dos discentes sobre o uso da metodologia. Para isso, elaborou-se e aplicou-se uma entrevista semiestruturada aos alunos. É importante ressaltar a definição da população, que, neste estudo, foi composta pelos discentes matriculados na disciplina de Teoria das Estruturas I de uma Instituição de Ensino Superior (IES) particular localizada na cidade de Goiânia-GO. Destaca-se que somente os alunos que participaram efetivamente da construção do experimento e da aplicação da metodologia ativa foram entrevistados, totalizando 16 participantes, o que garantiu que as respostas refletissem a experiência prática com a proposta pedagógica.

A entrevista semiestruturada, apresentada no Apêndice A, foi submetida à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP/UFG), sob o CAAE 81926424.1.0000.5083. Após a aprovação do comitê, as entrevistas foram realizadas presencialmente com a população selecionada. Durante esse processo, os participantes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo modelo pode ser encontrado no Apêndice B. No TCLE, havia um item específico solicitando autorização para a

gravação das entrevistas e o uso de imagens, o qual foi devidamente autorizado e assinado pelos entrevistados. As entrevistas foram gravadas com um gravador, conforme a autorização obtida.

A entrevista foi elaborada de forma a abranger diferentes aspectos. Inicialmente, foram coletadas informações sobre o perfil sociodemográfico dos participantes, incluindo idade, gênero, formação educacional anterior, experiência no setor da construção civil (como estagiários ou colaboradores), e o tempo de experiência.

Além disso, buscou-se investigar o conhecimento prévio dos discentes em relação a metodologias ativas, interdisciplinaridade, a relação entre teoria e prática, e as disciplinas do eixo de estruturas já cursadas. Após a realização do experimento, os alunos foram questionados sobre suas percepções a respeito da aplicação da metodologia ativa e de sua contribuição para a formação acadêmica, com ênfase nas *soft skills* aprimoradas durante o processo. Por fim, foram solicitadas sugestões dos participantes para aprimoramento da metodologia em futuras aplicações.

3.5 VALIDAÇÃO

A quarta etapa, que envolveu a validação, é fundamental para assegurar a eficácia e a aplicabilidade do método em contextos reais, uma vez que a investigação em ambientes autênticos permite observar a interação com variáveis e fatores não controlados, proporcionando uma compreensão mais abrangente e relevante (Yin, 2009). A validação é uma etapa crítica, pois garante que a aplicação do método desenvolvido atenda aos objetivos práticos e teóricos estabelecidos, oferecendo um *feedback* contínuo para seu aperfeiçoamento (Hevner *et al.*, 2004).

Neste estudo, a validação foi realizada em uma turma diferente, de uma instituição distinta e com um professor distinto, o que garantiu maior imparcialidade nos resultados obtidos. Essa abordagem foi adotada para minimizar possíveis vieses, permitindo uma análise mais objetiva e confiável sobre o impacto da metodologia no processo de aprendizagem.

O protótipo foi apresentado no primeiro encontro com a turma, juntamente com a explicação do conceito de metodologia ativa e sua contribuição potencial para o processo de ensino-aprendizagem. Foram fornecidas explicações detalhadas sobre o passo a passo dos cálculos e a importância da execução de cada etapa. Além disso, foram reservados momentos específicos

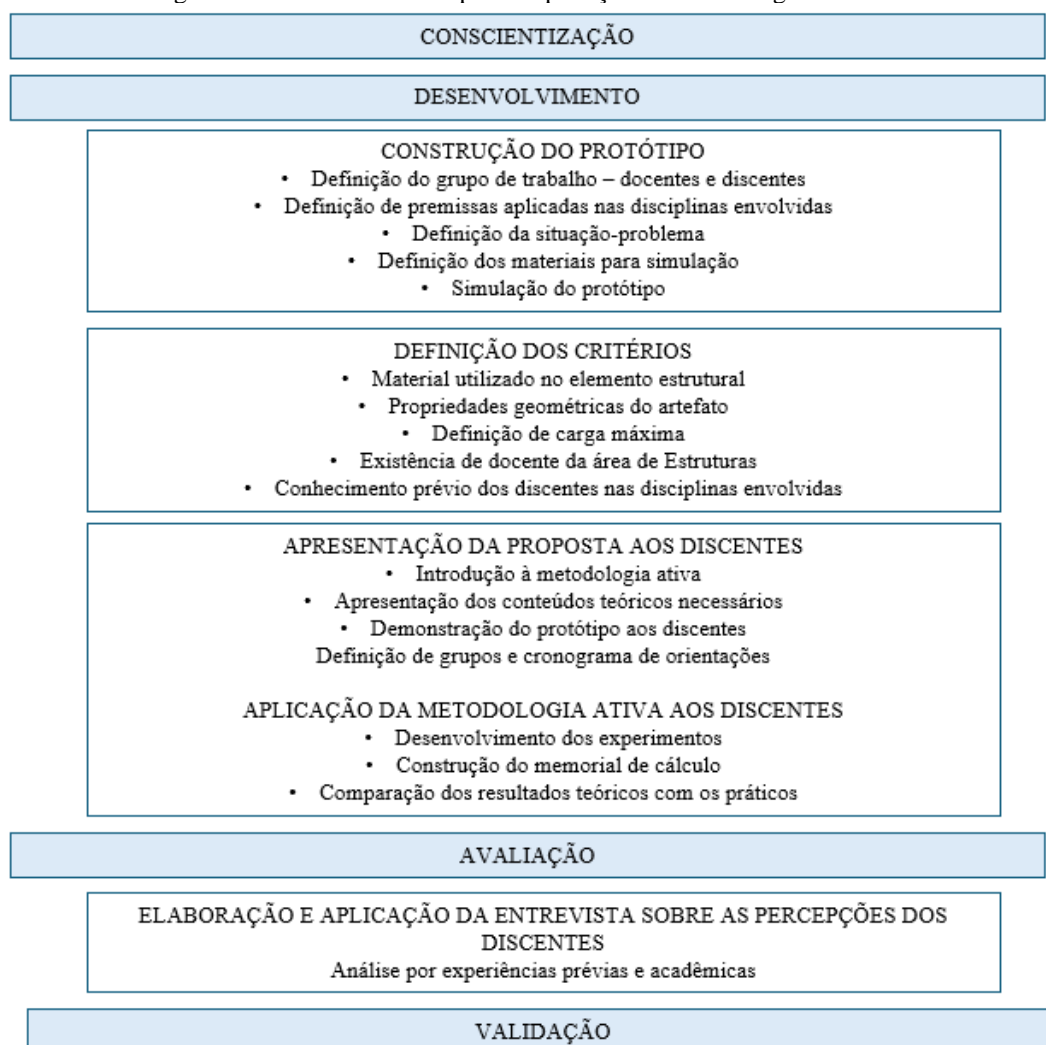
para orientações e esclarecimentos ao longo da atividade. Por fim, foi aplicada uma entrevista semiestruturada com os alunos, com o intuito de captar suas percepções sobre o método, avaliar suas contribuições para o aprendizado e identificar pontos que necessitam de aprimoramento.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, a classe de problemas refere-se à dificuldade dos alunos nas disciplinas do eixo de estruturas em conectar teoria e prática, além de integrar o conhecimento adquirido em diferentes áreas. Esses desafios comprometem a formação integral dos discentes, dificultando a aplicação dos conceitos estruturais em situações reais e a percepção da interdisciplinaridade. Com o objetivo de solucionar esse problema, a autora implementou a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas, que visa auxiliar os alunos a estabelecer conexões entre teoria e prática. A Figura 4.1 apresenta um guia com as etapas da aplicação da metodologia ativa PBL.

Figura 4.1 – Guia com as etapas da aplicação da metodologia ativa PBL



A seguir, serão apresentados os resultados da pesquisa, e serão detalhados os experimentos desenvolvidos pelos alunos, destacando os principais pontos observados em cada um, assim como as respostas obtidas na entrevista semiestruturada, que fornecem *insights* valiosos sobre as percepções dos discentes em relação ao método proposto e seus impactos no processo de aprendizagem.

4.1 DESENVOLVIMENTO

4.1.1 Construção do protótipo

Neste trabalho a construção do protótipo foi realizada por um grupo de professores do eixo de estruturas e consistiu na construção de uma viga. O grupo foi composto por esta autora, que leciona disciplinas do eixo de estruturas há mais de 10 anos, por um doutor em Engenharia Civil, professor titular da Universidade Federal de Goiás e pesquisador com ênfase em Mecânica das Estruturas, e por um doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, com ênfase em metalurgia.

Na construção do protótipo, foram adotadas as mesmas premissas aplicadas nas disciplinas, buscando simplificar os cálculos e influenciar diretamente a escolha dos materiais. A primeira premissa foi a consideração de pequenas deformações, algo comum em projetos de engenharia, onde se assume que as deformações internas são insignificantes em comparação à unidade, facilitando o uso de modelos lineares. A segunda premissa foi o comportamento do material no regime elástico linear, conforme a Lei de Hooke, em que a tensão é diretamente proporcional à deformação, permitindo previsões confiáveis sobre a resposta estrutural. Além disso, os materiais escolhidos precisaram ser homogêneos e isotrópicos, assegurando que as equações para tensões e deformações fossem aplicáveis de maneira generalizada e precisa (Hibbeler, 2019).

Com base nessas premissas, materiais como madeira e concreto simples foram descartados. A madeira, por ser anisotrópica, possui propriedades mecânicas que variam conforme a direção das fibras, o que dificulta a previsão precisa de seu comportamento estrutural. O concreto simples, por sua vez, é um material frágil quando submetido à tração, rompendo-se sem apresentar escoamento significativo (Callister; Rethwisch, 2012). Embora o concreto armado seja mais adequado, ele é um material composto e não homogêneo, o que introduz

complexidades adicionais aos cálculos, tornando-os aproximações do comportamento real da estrutura.

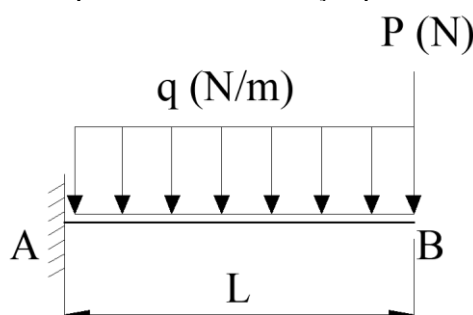
Além disso, a escolha de materiais mais simples de manipular foi outro fator determinante. A execução de uma viga de concreto armado, em menor escala, pode ser complexa devido às etapas de moldagem e ao tempo de cura necessário para o material alcançar resistência adequada. Também é fundamental garantir o posicionamento correto das armaduras e a aderência entre o aço e o concreto, o que pode ser difícil de controlar em pequenos modelos. Essas exigências tornam o processo mais trabalhoso e menos prático para o contexto didático, dificultando a realização de experimentos rápidos em sala de aula e comprometendo a precisão dos resultados obtidos.

Diante dessas considerações, a escolha recaiu sobre o aço e o alumínio. Ambos os materiais apresentam comportamento isotrópico e elástico, ou seja, suas propriedades mecânicas são aproximadamente uniformes em todas as direções e eles retornam à sua forma original após a remoção da carga. Isso permite uma análise mais precisa dos princípios de elasticidade e resistência, oferecendo uma visualização clara dos conceitos da Lei de Hooke, que descreve a relação entre tensão e deformação em materiais elásticos.

Além disso, perfis de aço e alumínio estão amplamente disponíveis no mercado em diversas formas e tamanhos, o que facilita a execução do protótipo, eliminando a necessidade de processos como moldagem e cura. Essa disponibilidade torna o uso desses materiais mais prático e acessível em contextos acadêmicos, onde o tempo e os recursos são limitados.

Para a confecção do protótipo, foi necessário definir uma situação-problema, que, neste caso, envolveu o cálculo do deslocamento vertical de uma viga isostática em balanço. A Figura 4.2 ilustra a situação-problema definida.

Figura 4.2 – Esquema estático da situação-problema definida.



Em que:

q é o peso próprio da viga;

P é a força a ser aplicada na extremidade livre;

L é o comprimento da viga.

A segunda etapa para a confecção do protótipo foi a escolha do material e da seção transversal, para este trabalho foi considerada uma barra chata de 1"x1/8" de aço 1020. É importante ressaltar que 1" corresponde a 2,54 cm; e que o peso específico do aço (ρ) é igual a 7850 kg/m³. Com essas definições e utilizando as Equações 4.1 e 4.2, procedeu-se o cálculo do peso próprio da viga.

$$A = b * h \quad \text{Eq. 4.1}$$

$$q = \rho * A * g \quad \text{Eq. 4.2}$$

Em que:

A é a área da seção transversal;

b é a base da seção transversal;

h é a altura da seção transversal;

g é a aceleração da gravidade e possui valor igual a 9,81 m/s².

Sendo assim, o cálculo da área de seção transversal e do peso próprio da viga é descrito da seguinte forma:

$$A = 2,54 * 10^{-2} * 0,3175 * 10^{-2}$$

$$A = 8,0645 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$q = 7850 * 8,0645 * 10^{-5} * 9,81$$

$$q = 6,21 \text{ N/m}$$

Foi necessário definir o comprimento (L) da barra de modo que o deslocamento causado pelo peso próprio fosse irrisório, pois, na análise de estruturas, é essencial que as deformações e deslocamentos sejam suficientemente pequenos para não alterar significativamente a geometria

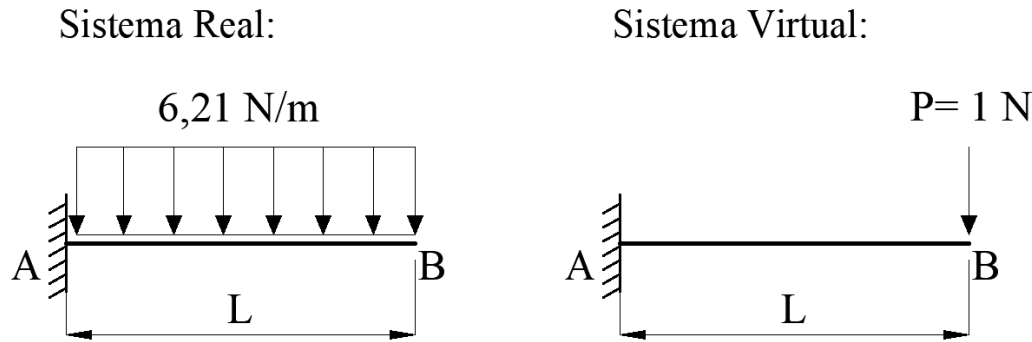
original da estrutura. Esse aspecto permite a simplificação das equações da mecânica estrutural, assumindo que os deslocamentos e rotações são suficientemente pequenos para que a configuração inicial da estrutura seja preservada, viabilizando o uso da teoria linear.

Nesta pesquisa, foi estimado inicialmente um deslocamento irrisório causado pelo peso próprio da viga, e, a partir dessa estimativa, aplicou-se o Método da Carga Unitária para calcular o comprimento (L) da barra, realizando um processo inverso ao habitual. Destaca-se que podem ser utilizados diversos métodos que tratam do cálculo de deslocamentos em estruturas planas, como o 2º Teorema de Castigliano, a Equação da Linha Elástica e o Método da Carga Unitária, que é derivado do Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV).

Antes de detalhar o método, é importante apresentar o Princípio dos Trabalhos Virtuais, que estabelece que, para uma estrutura em equilíbrio, o trabalho realizado pelas forças externas reais em um deslocamento virtual compatível deve ser igual ao trabalho realizado pelas forças internas na mesma deformação virtual. Esse deslocamento é denominado “virtual” por ser hipotético e imaginário. É fundamental ressaltar que a deformação virtual deve ser compatível com as condições de apoio da estrutura e respeitar a continuidade dos elementos. Segundo Timoshenko e Gere (1984), o Princípio dos Trabalhos Virtuais pode ser descrito da seguinte maneira: "quando uma estrutura deformável, em equilíbrio sob a ação de um sistema de cargas, é submetida a uma pequena deformação virtual, o trabalho realizado pelas forças externas (ou cargas) é igual ao trabalho virtual realizado pelas forças internas (ou tensões resultantes)."

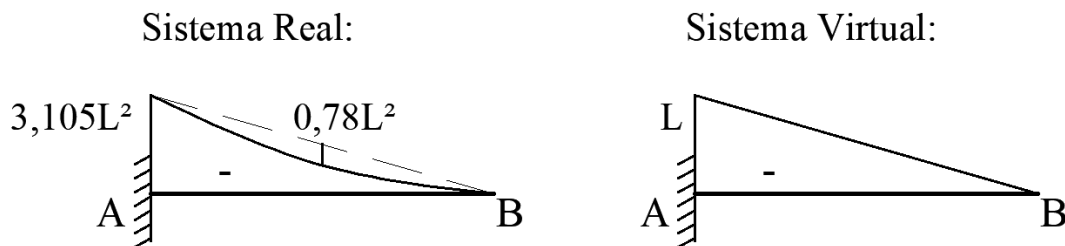
Com base nesse princípio, o Método da Carga Unitária se destaca como uma técnica versátil para o cálculo de diversos tipos de deslocamentos, como deflexões e rotações ao longo do eixo de um elemento estrutural. Nesse método, dois sistemas de carregamento são considerados: um relacionado às cargas reais, que geram os deslocamentos que se deseja determinar, e outro referente a uma carga unitária fictícia, utilizada exclusivamente para o cálculo do deslocamento específico (rotação ou translação). A carga unitária deve ser aplicada no ponto e na direção exata do deslocamento que se pretende calcular. Por exemplo, se o objetivo é determinar o deslocamento vertical na extremidade livre de uma viga, a carga unitária deve ser aplicada nesse ponto, atuando verticalmente (Timoshenko; Gere, 1984; Sussekund, 1980). No caso do protótipo deste estudo, o esquema estático do sistema real e do sistema virtual ficou conforme apresentado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Esquema estático do sistema real e do sistema virtual.



Com os esquemas estáticos dos dois sistemas definidos, é traçado o diagrama de momento fletor de cada um dos sistemas. Para este protótipo, os diagramas são apresentados na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Diagrama de momento fletor para os sistemas real e virtual.



Para a determinação do deslocamento, além dos diagramas de momento fletor, deve-se conhecer o módulo de elasticidade longitudinal (E) do material e o momento de inércia (I), descrito conforme a Equação 4.3.

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{Eq. 4.3}$$

Para o protótipo deste trabalho, foi utilizado o aço 1020, que possui módulo de elasticidade longitudinal igual a $E = 200$ GPa. Já a seção escolhida foi a barra chata de $1'' \times 1/8''$, portanto o momento de inércia foi determinado conforme descrito abaixo:

$$I = \frac{2,54 \cdot 10^{-2} \cdot (0,3175 \cdot 10^{-2})^3}{12}$$

$$I = 6,77 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4$$

Com base na Tabela de Kurt Beyer, aplicou-se o Método da Carga Unitária, conforme descrito na Equação 4.4.

$$EIP\delta_{vB} = \int M\bar{M}dx \quad \text{Eq. 4.4}$$

A parcela do lado direito da Equação 4.4 pode ser substituída pela combinação dos diagramas do sistema real e do sistema virtual, conforme apresentados na Tabela de Kurt Beyer no Anexo A. Para esta análise, adotou-se um deslocamento vertical no ponto B (δ_{vB}) da viga igual a 0,1 mm. Com essa escolha, foi possível calcular o comprimento (L) necessário para que o deslocamento na extremidade livre atinja 0,1 mm, conforme detalhado a seguir:

$$EIP\delta_{vB} = \frac{1}{3} * L * 3,105L^2 * L - \frac{1}{3} * L * 0,78L^2 * L$$

$$200 * 10^9 * 6,77 * 10^{-11} * 1 * \delta_{vB} = 0,775L^4$$

$$\delta_{vB} = 57,24 * 10^{-3} L^4$$

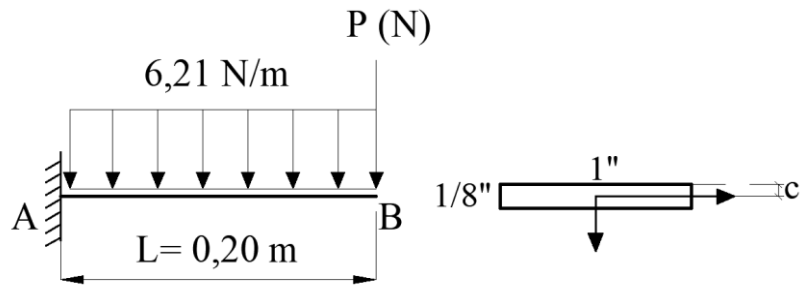
Adotando o deslocamento ($\delta_{vB} = 0,1\text{mm}$):

$$L = 0,204 \text{ m} = 20,4 \text{ cm}$$

Outra consideração fundamental antes da construção do protótipo foi determinar a massa máxima (m) que a viga poderia suportar sem entrar no regime plástico. Segundo Callister e Rethwisch (2020), o regime plástico ocorre quando o material ultrapassa o limite de escoamento, resultando em deformações permanentes e irreversíveis, mesmo após a retirada da carga. Isso contrasta com o comportamento no regime elástico, no qual o material retorna à sua forma original após a remoção da carga, preservando sua integridade estrutural.

Essa consideração foi importante porque, nas disciplinas do eixo de estruturas, como Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas, o regime elástico linear é utilizado como pressuposto para a simplificação dos cálculos e a dedução das equações. No caso da viga do protótipo, foi utilizada a resistência ao escoamento do aço (f_y) como a tensão normal máxima ($\sigma_{máx}$). Segundo a NBR 8800 (ABNT, 2008), a resistência ao escoamento do aço é definida como a máxima tensão que o material pode suportar antes de iniciar deformações plásticas. Para a viga do protótipo, foi utilizado o aço 1020, que possui uma resistência ao escoamento de 350 MPa. A Figura 4.5 ilustra o esquema estático da viga do protótipo, mostrando o comprimento previamente determinado e a seção transversal considerada.

Figura 4.5 – Esquema estático e seção transversal da viga do protótipo.



Para obter a massa máxima (m), foi utilizada a fórmula da tensão normal máxima no elemento, que ocorre na fibra mais afastada do eixo neutro (c). O eixo neutro, segundo Hibbeler (2019), é uma linha imaginária localizada na seção transversal de um material submetido a flexão, onde a deformação longitudinal é zero. A fórmula da flexão está descrita na Equação 4.5.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Eq. 4.5}$$

Para a aplicação da Equação 4.5, é necessário conhecer o momento fletor interno máximo (M) na estrutura, o que pode ser determinado pelo método das seções e pelas equações de equilíbrio. No caso da viga do protótipo, o momento máximo ocorre no engaste fixo (ponto A) e é dado da seguinte forma:

$$M = -0,2P - 6,21 \cdot 0,2 \cdot 0,1$$

$$M = -0,2P - 0,1242$$

Fazendo as devidas substituições na Equação 4.5, foi possível obter o valor da força peso máxima (P) que pode ser aplicada na extremidade da viga e conseqüentemente da massa máxima (m), conforme apresentado abaixo:

$$350 \cdot 10^6 = \frac{-0,2P - 0,1242 \cdot (-1,5875 \cdot 10^{-3})}{6,77 \cdot 10^{-11}}$$

$$14,93 = 0,2P + 0,1242$$

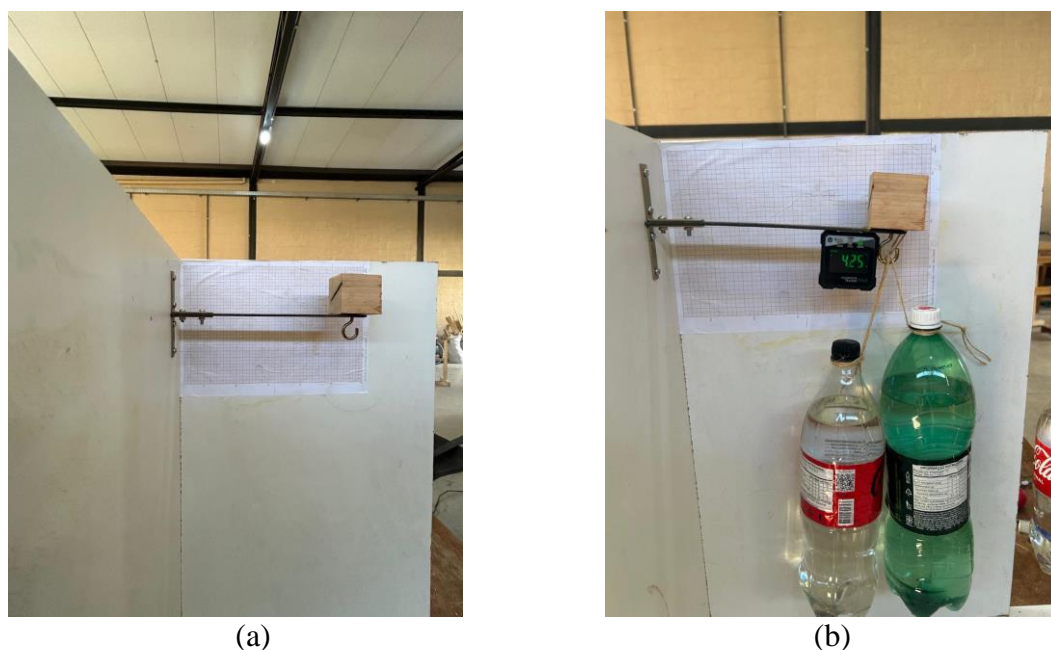
$$P = 74,03 \text{ N}$$

$$m = 7,55 \text{ kg}$$

Após a realização dos cálculos, o protótipo foi construído pelo grupo de professores do eixo de estruturas mencionado anteriormente. Para simular o engaste, foram empregadas duas

cantoneiras que fixaram a barra a um suporte de madeira. A carga foi aplicada por meio de água armazenada em garrafas plásticas, presas à extremidade da barra de acordo com o comprimento (L) previamente determinado. Deve-se ressaltar que, por se tratar de um trabalho experimental, foram testadas três barras de aço com o mesmo tamanho e seção transversal, a fim de garantir que os cálculos dos deslocamentos fornecessem resultados consistentes. A Figura 4.6 ilustra o protótipo montado.

Figura 4.6 – Protótipo da viga isostática de aço: (a) sem carregamento; (b) com aplicação de carga.



4.1.2 Definição dos critérios

Neste trabalho, o primeiro critério refere-se ao material utilizado no elemento estrutural, especificamente o aço e alumínio, conforme discutido anteriormente. O segundo critério está relacionado à necessidade de operar dentro do regime elástico linear, que se aplica a situações em que as deformações são pequenas e proporcionais à carga aplicada. Para garantir que o experimento se mantenha neste regime, é fundamental considerar as propriedades geométricas do artefato, como as dimensões da seção transversal e o comprimento da peça. Além disso, deve-se aplicar uma carga máxima que não exceda os limites do regime elástico linear, assegurando que as deformações não ultrapassem a capacidade elástica do material, evitando assim qualquer comportamento plástico.

Outro critério estipula que, para a aplicação do artefato, deve haver um professor do eixo de estruturas que esteja ministrando alguma disciplina dessa área. Para este trabalho, foi escolhido

o curso de Engenharia Civil, e a disciplina selecionada para a aplicação foi Teoria das Estruturas I, que foi ministrada no primeiro semestre de 2024 por esta autora. Essa escolha foi motivada pelo fato de que a ementa da disciplina abrange tópicos como os Teoremas Gerais da Energia de Deformação, especialmente o 2º Teorema de Castigliano, e o Princípio dos Trabalhos Virtuais.

Como a metodologia ativa exige a participação direta dos alunos, sua presença é essencial para a aplicação do artefato. Além disso, a concepção do experimento deve ser elaborada pelos próprios alunos, incentivando o protagonismo no processo de aprendizado. Também foi considerado um critério o conhecimento prévio necessário para o desenvolvimento do trabalho. Para este estudo, os alunos deveriam ter domínio no cálculo de reações de apoio em estruturas planas isostáticas, bem como nos conceitos de tensões e momento de inércia

4.1.3 Apresentação da proposta e aplicação da metodologia ativa aos discentes

Com os critérios definidos, deu-se início à apresentação e aplicação da metodologia ativa na turma de Teoria das Estruturas I. No primeiro dia de aula, conforme de praxe, foi apresentado o plano de ensino da disciplina, destacando os objetivos, conteúdos programáticos e diretrizes gerais para o semestre. Nesse momento, foi explicado aos alunos que, ao longo do semestre, seria desenvolvida uma atividade diferenciada, integrando teoria e prática de maneira mais direta, exigindo a participação ativa dos discentes em todas as etapas, desde o planejamento até a execução e análise dos resultados.

Foi questionado se os alunos já conheciam o conceito de metodologias ativas, e a maioria indicou não ter familiaridade com o tema. Diante disso, foi apresentada uma introdução ao conceito, explicando que a metodologia ativa se diferencia das abordagens tradicionais ao colocar os alunos como protagonistas do processo de aprendizagem. Em vez de assumirem uma postura passiva, os alunos são incentivados a participar ativamente, seja na resolução de problemas, desenvolvimento de projetos ou em discussões em grupo.

Adicionalmente, foi destacado que, para um Engenheiro Civil, as Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019 já apontam para a importância de uma formação que integre teoria e prática, além de desenvolver competências como pensamento crítico, trabalho em equipe e resolução de problemas. O mercado de trabalho atual exige profissionais preparados para enfrentar

situações complexas e interdisciplinares, e a metodologia ativa surge como uma ferramenta eficaz para desenvolver essas competências ainda durante a graduação.

Após a apresentação dos conteúdos teóricos sobre o 2º Teorema de Castigliano e o Princípio dos Trabalhos Virtuais, foi realizada uma demonstração do protótipo para a turma (Figura 4.7), ilustrando a aplicação prática desses conceitos. Durante a demonstração, foi calculado o deslocamento vertical na extremidade livre da viga, utilizando papel milimetrado e garrafas plásticas preenchidas com água para simular uma carga pontual. Esse deslocamento foi medido em três peças distintas, todas com a mesma seção transversal, o mesmo comprimento e submetidas às mesmas cargas pontuais. Por se tratar de um trabalho experimental, foi necessário realizar testes em diferentes peças para assegurar a confiabilidade dos resultados, permitindo uma análise mais precisa da resposta estrutural e reforçando a conexão entre os conceitos teóricos e práticos.

Figura 4.7 – Apresentação do protótipo aos alunos e cálculo de deslocamento



A partir desse ponto, os alunos, organizados em quatro trios e um quarteto, totalizando 16 participantes, foram orientados a desenvolver suas próprias situações-problema, utilizando o conhecimento teórico adquirido para propor soluções estruturais. Para isso, foram disponibilizados trinta minutos semanais para orientação e esclarecimento de dúvidas, proporcionando um suporte contínuo ao longo de todo o processo.

Durante o primeiro encontro os alunos apresentaram a seção transversal, as condições de contorno e o material escolhido para o desenvolvimento da situação-problema. Nesse momento,

foi ensinado como realizar o cálculo do peso próprio da barra, com os cálculos demonstrados a partir do protótipo que eles haviam observado anteriormente. Além disso, foram lembrados alguns conceitos fundamentais de Resistência dos Materiais e Mecânica Vetorial, com ênfase nas considerações sobre o regime elástico linear, que assume que as deformações são proporcionais às tensões aplicadas até o limite de escoamento do material.

No segundo encontro, os alunos trouxeram o peso próprio já calculado, e foi ensinado como determinar o comprimento da barra, sempre utilizando o protótipo como referência. No terceiro encontro, os discentes chegaram com o comprimento da barra já determinado, e o foco foi o ensino do cálculo da massa máxima que poderia ser aplicada sobre a estrutura. Novamente, os cálculos foram demonstrados com base no protótipo, assegurando que os alunos compreendessem os limites de carga das barras em um contexto prático.

Por fim, no quarto encontro, os alunos apresentaram a massa máxima calculada, concluindo assim a fase de definições e cálculos necessários para o desenvolvimento da atividade. Nesse encontro, também foi ensinado como utilizar o software Ftool, uma ferramenta que permite a análise estrutural de vigas e estruturas em geral. O Ftool é especialmente útil para calcular deslocamentos, esforços e reações em estruturas, facilitando a visualização e compreensão dos resultados. Com esses dados em mãos e o conhecimento adquirido sobre o uso do software, tornou-se possível a construção do experimento por cada grupo e a análise dos resultados experimentais, integrando todas as etapas anteriores e proporcionando uma aplicação prática dos conceitos discutidos ao longo do semestre.

No dia da apresentação do experimento, todos os membros de cada grupo estiveram presentes, e o Quadro 4.1 apresenta uma síntese das características gerais de cada experimento, destacando o número de integrantes, o método de medição, os materiais escolhidos e as condições de contorno definidas.

Quadro 4.1 – Dados gerais nos experimentos de cada grupo do desenvolvimento do artefato

Grupo	Número de integrantes	Resumo sucinto do método de medição	Materiais	Condições de contorno
1	3	Fixação da régua diretamente no experimento	Aço	Viga engastada-livre
2	3	Trena a laser	Aço	Viga engastada-livre
3	3	Papel milimetrado	Aço e alumínio	Viga bi apoiada
4	3	Trena a laser	Aço	Viga engastada-livre
5	4	Trena a laser	Aço	Pórtico hipostático

O carregamento foi aplicado de maneira gradual, aumentando a carga à medida que se verificava que a estrutura permanecia no regime elástico. Para essa verificação, era realizada a medição da posição da viga sem carga, seguida da medição sob carregamento e, por fim, após a retirada da carga. Se a posição inicial (antes da aplicação da carga) e a posição final (após a aplicação e a retirada da carga) fossem iguais, isso indicava que a viga ainda estava no regime elástico. Para determinar o deslocamento, cada grupo desenvolveu seu próprio sistema de medição. O Grupo 1 se destacou por fixar uma régua diretamente no experimento, facilitando a visualização do deslocamento (ver Figura 4.8).

Figura 4.8 – Experimento do Grupo 1: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento



(a)



(b)

Já o Grupo 2 optou por utilizar uma trena a laser para a determinação do deslocamento, como mostrado na Figura 4.9. Nesse grupo, em particular, a viga suportou uma carga considerável antes de entrar no regime plástico, sendo submetida a duas anilhas de academia de 10 kg cada, evidenciando a resistência estrutural até o limite elástico. Essas escolhas e variações nas

abordagens experimentais demonstram que os alunos não apenas compreenderam os conceitos discutidos em sala de aula, mas também aplicaram raciocínio crítico para adaptar as medições e a montagem experimental de acordo com suas próprias soluções. O exercício, ao permitir essa flexibilidade, incentivou a inovação e a exploração de diferentes técnicas, refletindo a complexidade e diversidade de soluções que engenheiros encontram na prática profissional.

Figura 4.9 – Experimento do Grupo 2: (a) sistema de medição com trena a laser; (b) viga submetida a 20 kg



(a)

(b)

A variedade nas abordagens experimentais adotadas pelos grupos também se destacou, evidenciando a capacidade dos alunos de aplicar criativamente os conceitos teóricos discutidos em sala de aula. Quatro dos cinco grupos optaram por utilizar o aço como material principal e simular uma viga engastada livre, enquanto o Grupo 3 decidiu explorar uma configuração diferente, projetando dois modelos de viga bi apoiada: uma feita de tubo de alumínio e outra de barra chata de aço. No experimento com a viga de aço, a carga foi aplicada no centro da viga utilizando garrafas plásticas preenchidas com água para simular o peso (ver Figura 4.10a). Já para a viga de alumínio, o grupo optou por aplicar o carregamento com anilhas de academia, conforme apresentado na Figura 4.10b.

Foi possível observar que o deslocamento na viga de alumínio foi praticamente irrisório, o que pode ser justificado tanto pelo próprio material quanto pela seção transversal utilizada. Essas diferenças no comportamento estrutural entre os modelos reforçam a importância de escolher adequadamente os materiais e as configurações estruturais, demonstrando a eficácia do exercício em conectar teoria e prática.

Figura 4.10 – Experimento do Grupo 3: (a) viga bi apoiada de aço; (b) viga bi apoiada de alumínio



(a)

(b)

O Grupo 4 conseguiu demonstrar o funcionamento das barras reais, conforme apresentado na Figura 4.11, que são elementos estruturais cuja função principal é transmitir exclusivamente esforços normais.

Figura 4.11 – Experimento do Grupo 4: estrutura com cabos simulando o contraventamento



Essa experiência foi particularmente enriquecedora, uma vez que, durante a teoria apresentada em sala, os alunos aprenderam a realizar a classificação estática de estruturas planas e precisavam identificar a quantidade de barras reais em diferentes estruturas. Muitas vezes, os

alunos tinham dificuldades em compreender o conceito de barras reais. É importante ressaltar que essas barras incluem barras de treliça e tirantes, que frequentemente desempenham um papel crucial como estruturas de contraventamento.

O contraventamento é um conjunto de elementos estruturais utilizados para aumentar a rigidez e a estabilidade de uma estrutura, evitando deformações excessivas ou colapsos provocados por forças externas, como vento, sismos ou cargas assimétricas. O principal objetivo do contraventamento é resistir a esforços horizontais (forças laterais) que podem causar deslocamentos ou torções indesejadas em edifícios, pontes, torres e outras construções. Essa definição ressalta a importância das barras reais não apenas como suportes, mas como componentes essenciais para a integridade estrutural, permitindo que os alunos compreendam melhor suas aplicações práticas em projetos de engenharia.

Por fim, o Grupo 5, composto por quatro integrantes, apresentou seu experimento, sendo utilizado um tripé como apoio da estrutura, conforme ilustrado na Figura 4.12. Nesse caso, a simulação não representou uma viga convencional, mas sim um pórtico de aço composto por um pilar e uma viga. É possível observar que a condição de contorno não foi adequada, pois, ao aplicar o carregamento na extremidade livre, ocorreu um movimento de rotação na estrutura. Para estabilizá-la, foi necessário que os alunos utilizassem a própria mão para segurar a estrutura, indicando a necessidade de ajustes no projeto para garantir maior rigidez.

Figura 4.12 – Experimento do Grupo 5: estrutura com cabos simulando o contraventamento



Apesar de não apresentar o comportamento ideal de uma viga, os integrantes puderam adquirir conhecimento e perceber, com mínima intervenção da professora, que o experimento se tratava, na verdade, de um pórtico hipostático. Para que o protótipo condissesse com a realidade estrutural, a base deveria ter sido engastada, garantindo maior estabilidade e precisão no comportamento esperado.

Nesta sub etapa do desenvolvimento do artefato, a última tarefa realizada pelos alunos foi a entrega de um memorial de cálculo detalhado, contendo o passo a passo dos cálculos necessários para a confecção do experimento. Nesse documento, os alunos calcularam o deslocamento correspondente à máxima massa aplicada, antes que a estrutura entrasse em regime plástico, podendo escolher entre o uso do Método da Carga Unitária ou o 2º Teorema de Castigliano. Além dos cálculos teóricos, eles compararam os resultados obtidos com a simulação computacional, utilizando o software Ftool, e com os resultados experimentais, permitindo uma análise abrangente da precisão e do comportamento estrutural do experimento.

4.2 AVALIAÇÃO

Para a avaliação, foi aplicada uma entrevista semiestruturada para os alunos da turma de Teoria das Estruturas I, que era composta por 16 alunos, dos quais apenas dois reprovaram. Outros, que estavam matriculados inicialmente, desistiram antes da aplicação do experimento.

Os alunos da disciplina apresentaram trajetórias acadêmicas variadas, com ingressos registrados entre 2015 e 2024, refletindo um histórico de matrículas marcado por interrupções devido a trancamentos. Entre os alunos que trancaram o curso, identificaram-se casos como o de um técnico em Edificações pelo IFBA e de uma aluna que deixou de concluir um tecnólogo em Construção Civil para ingressar na graduação em Engenharia Civil. Observou-se também que, entre os ingressantes mais recentes, muitos possuem formações superiores prévias, abrangendo áreas como Engenharia de Transportes, Engenharia Ambiental e Sanitária, Administração de Empresas, Ciências da Computação e Arquitetura e Urbanismo.

Buscando entender como as experiências prévias dos alunos com atividades manuais influenciariam sua participação nas atividades práticas, constatou-se que alguns discentes relataram vivências significativas. Estas incluíam trabalhos operacionais, como manutenção de redes de água, e atividades manuais diversas, como serralheria, marcenaria, pintura e reformas. Essas experiências permitiram que alguns alunos executassem integralmente a montagem de

seus experimentos, enquanto outros recorreram ao auxílio de profissionais externos. Contudo, isso não implicou diferenças no aprendizado final, mas demonstrou que alunos com habilidades manuais prévias puderam aplicá-las diretamente no experimento.

Sobre o conhecimento prévio a respeito de metodologias ativas, verificou-se que a maioria dos alunos não tinha familiaridade com o conceito antes da disciplina, embora alguns tivessem tido experiências pontuais em outras áreas, como Física, Hidráulica e Materiais de Construção. Eles relataram que práticas como visitas técnicas, atividades laboratoriais e a construção de maquetes contribuíram para a compreensão de conteúdos teóricos, destacando a importância da prática no aprendizado. Destaca-se o comentário de um aluno que afirmou que, em comparação com métodos mais teóricos, prefere metodologias ativas que favorecem o diálogo e a prática, características que considera mais alinhadas ao seu perfil de aprendizado.

Ao investigar a aplicação de metodologias ativas no eixo de estruturas, percebeu-se que os alunos não haviam tido experiências similares em disciplinas dessa área. Esse resultado corrobora estudos como o de Sato (2023), que apontam uma menor adesão de professores do eixo de estruturas às práticas de ensino que promovem maior protagonismo discente, em contraste com outros eixos que já integram metodologias ativas de maneira mais ampla.

As dificuldades enfrentadas pelos alunos no aprendizado das disciplinas do eixo de estruturas apresentaram padrões recorrentes, sendo atribuídas principalmente à falta de prática e à predominância de conteúdos teóricos. Muitos relataram que, no início do aprendizado, enfrentaram desafios mais intensos, mas que, com o domínio dos conceitos básicos, a compreensão se tornou mais acessível. Essa percepção sugere que um período inicial de adaptação é necessário, podendo ser aprimorado por estratégias pedagógicas adequadas. Alguns alunos também apontaram falhas na transmissão do conhecimento, destacando que, embora os professores dominem as disciplinas, nem sempre conseguem comunicar os conceitos de maneira clara, evidenciando a necessidade de métodos que considerem a diversidade de estilos de aprendizagem. Destacam-se os seguintes comentários sobre essas dificuldades:

"Acredito que a principal dificuldade das matérias é porque é muito teórico... se busca tanto fazer semelhanças com coisas práticas."

"A gente aprendia a fazer os cálculos, mas não sabia onde aplicar na prática."

Uma crítica recorrente foi à desconexão entre teoria e prática, com relatos de frustração ao aprender cálculos sem compreender sua aplicação real. Essa desconexão foi associada à dificuldade em interpretar conceitos estruturais e matemáticos, além da necessidade de desenvolver uma visão prática sobre as análises realizadas. Alguns alunos também destacaram a importância de experiências práticas, como visitas técnicas, para solidificar o aprendizado. Essas vivências permitiram visualizar aplicações reais dos conceitos e compreender melhor a relação entre os cálculos teóricos e suas implicações práticas.

A experiência prática prévia na construção civil foi apontada como um diferencial significativo na compreensão teórica. Alunos com vivência em obras ou projetos relataram maior facilidade em assimilar conceitos estruturais e realizar cálculos, destacando que essa prática contribuiu para uma "sensibilidade visual e tridimensional" ao interpretar as análises estruturais. Por outro lado, estudantes sem experiência prática enfrentaram mais dificuldades, mas reconheceram o impacto positivo de atividades que integram teoria e prática no seu aprendizado.

A importância de alinhar teoria e prática foi consenso entre os alunos, que afirmaram que esse equilíbrio facilita a compreensão dos conceitos e os prepara melhor para desafios futuros. Alguns relataram que atividades práticas, como a construção de protótipos, ajudaram a visualizar melhor os esforços nas estruturas e a traduzir os cálculos realizados em sala para contextos reais. Destacam-se os seguintes comentários dos alunos sobre esse assunto:

"A experiência prática ajuda a entender a teoria de forma mais clara."

"A prática é fundamental para saber onde aplicar o que se aprende em sala."

"Exemplificar o que está sendo mostrado na sala de aula ajuda bastante a compreender o conteúdo."

Além disso, a interdisciplinaridade foi considerada fundamental para a execução do experimento prático. Muitos alunos apontaram que o conhecimento prévio de disciplinas como Mecânica Vetorial, Isostática e Resistência dos Materiais foi essencial para compreender os conceitos e executar as atividades. As falas dos alunos sugerem que a interdisciplinaridade, mesmo que nem sempre compreendida completamente, foi uma estratégia chave que reforçou o aprendizado e facilitou a realização prática do experimento.

Por fim, a aplicação de metodologias que integram teoria e prática gerou impactos significativos no aprendizado. Alunos relataram maior motivação, clareza na visualização dos cálculos e uma

compreensão mais concreta dos conteúdos. Alguns destacaram melhorias em suas notas e na percepção de como os conceitos são aplicados na realidade. Essas experiências reforçam a importância de estratégias pedagógicas que conectem teoria, prática e interdisciplinaridade para um aprendizado mais eficaz e significativo.

Observou-se que a aplicação da metodologia na disciplina gerou impactos significativos no aprendizado dos alunos, conforme o que alguns alunos afirmaram:

"Quando você vê na prática, você entende mesmo o que tá acontecendo."

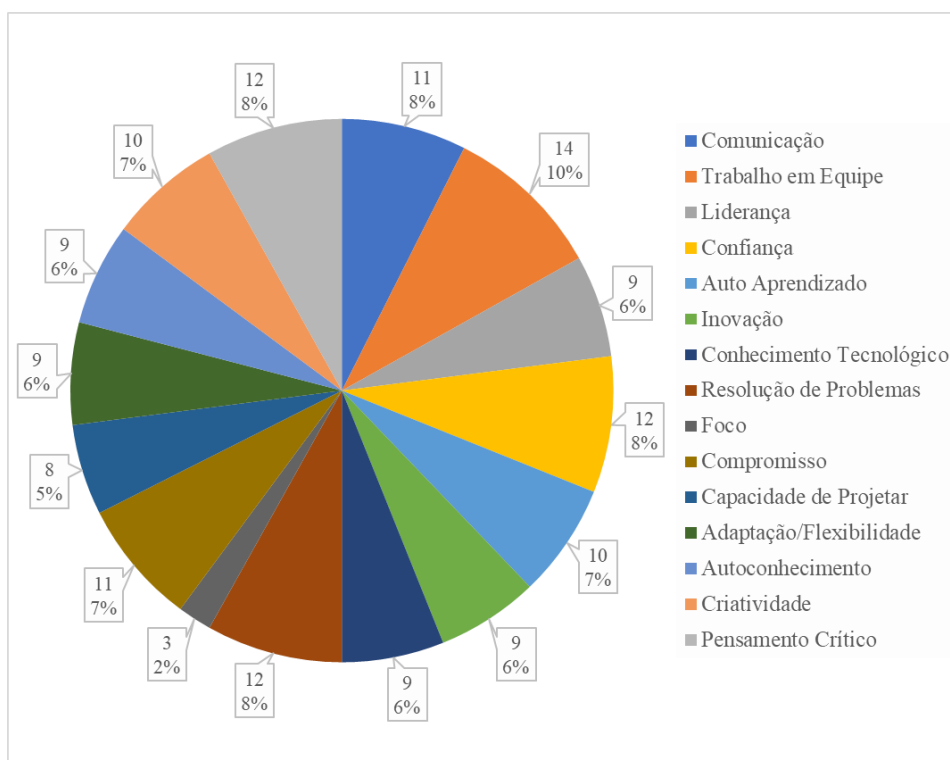
"Foi um contato inicial no ambiente acadêmico... se eu tiver necessidade, já não vai ser mais um choque."

"A gente viu bem na prática aquele monte de cálculo que fizemos em sala."

"Consegui traduzir para a prática o que eu vi na teoria."

Foi perguntado aos alunos quais *soft skills* eles acreditavam ter aprimorado com a realização dessa atividade. Os resultados obtidos estão representados na Figura 4.13, que ilustra as habilidades mencionadas com maior frequência, como trabalho em equipe, confiança, autoconhecimento, inovação e resolução de problemas.

Figura 4.13 – Habilidades aprimoradas – turma do desenvolvimento do artefato



A atividade prática permitiu que os alunos desenvolvessem habilidades comportamentais fundamentais para sua formação em engenharia, alinhadas às Diretrizes Curriculares Nacionais. A colaboração em equipe foi amplamente destacada, com relatos que evidenciaram a emergência natural da liderança e a importância da interdependência e do suporte mútuo no ambiente acadêmico e profissional. Um estudante mencionou que “todo mundo se ajudou”, ressaltando como o trabalho conjunto promoveu um ambiente de troca e aprendizado compartilhado.

A confiança também emergiu como um aspecto relevante, sendo construída e testada durante a atividade. Um aluno observou que a metodologia em grupo ajudou a desenvolver confiança gradativamente, promovendo crescimento interno e ampliando sua visão sobre o trabalho coletivo. Outros apontaram que a experiência favoreceu uma reflexão sobre o papel de cada um no grupo, incentivando ajustes em comportamentos e melhorando a dinâmica coletiva.

O autoconhecimento foi outro benefício relatado. Durante a prática, alunos identificaram qualidades pessoais que contribuíram para o trabalho, como paciência e dedicação, além de perceberem que o empenho e o estudo são fundamentais para superar desafios acadêmicos. Essas reflexões demonstram que a atividade proporcionou não apenas aprendizado técnico, mas também crescimento pessoal significativo.

A prática também incentivou a inovação e o autoaprendizado, frequentemente associados à resolução de problemas. Um exemplo mencionado foi o uso criativo de uma trena a laser para medir deslocamentos estruturais, demonstrando a capacidade dos alunos de adaptar ferramentas e técnicas às necessidades do experimento. Tal habilidade ilustra a competência em encontrar soluções práticas e inovadoras no contexto das engenharias.

A resolução de problemas foi central no processo, com os alunos destacando como os desafios inesperados exigiram flexibilidade e aplicação prática dos conceitos aprendidos. Em situações imprevistas, os conhecimentos adquiridos foram fundamentais para buscar soluções eficazes, o que reforça a importância de experiências práticas para o desenvolvimento do raciocínio crítico e da adaptabilidade.

O pensamento crítico também foi destacado como essencial para a atuação no mercado de trabalho. Os relatos indicaram que essa habilidade, aliada ao autoconhecimento, permite aos futuros engenheiros avaliar situações de maneira criteriosa, fortalecendo sua capacidade de tomar decisões informadas e eficazes.

Na última parte da entrevista, os alunos ofereceram sugestões para aprimorar o processo. Muitos ressaltaram a necessidade de um roteiro mais estruturado, propondo a criação de um guia detalhado das atividades. Houve também sugestões para padronizar o número de integrantes nos grupos e incluir avaliações individuais, garantindo maior equilíbrio na divisão de responsabilidades.

A frequência de atividades práticas foi outro ponto enfatizado. Alguns alunos sugeriram intensificar essas atividades e incluir visitas técnicas para conectar ainda mais os conceitos teóricos com o mercado de trabalho. Outros recomendaram o uso de *softwares* e recursos visuais, como vídeos, para preparar os alunos antes das aulas, otimizando o tempo em sala.

Por fim, foi sugerida a implementação de feedback ao término das atividades, permitindo que os alunos recebam devolutivas sobre os acertos e aspectos a melhorar. Essas contribuições refletem o impacto positivo da prática na formação acadêmica e indicam caminhos para aperfeiçoar ainda mais a metodologia aplicada.

Em relação ao apoio e engajamento da professora, uma aluna compartilhou um comentário positivo, destacando a dedicação em garantir a compreensão dos conteúdos por todos os alunos: "*you are a professor who cares about the students, you really want to understand* se o

aluno está presente na aula, porque tem aluno que tá ali e existindo, né? [...] Eu acho que se todos seguirem esse método que você utiliza, eu penso que não há necessidade de mudanças”.

Este depoimento reflete a valorização do comprometimento docente como fator motivador no aprendizado dos alunos, ressaltando a importância da proximidade e acompanhamento contínuo.

A valorização da prática como elemento essencial para o aprendizado foi uma constante, com diversas sugestões de aprimoramento para tornar o processo mais dinâmico e próximo da realidade do campo de atuação dos futuros engenheiros.

4.3 VALIDAÇÃO

Para a validação da metodologia, um professor do curso de Engenharia Civil de uma IFES (Instituição Federal do Ensino Superior) disponibilizou três encontros da disciplina de Análise Estrutural I para apresentar o projeto aos alunos, uma vez que todos os critérios estabelecidos foram atendidos para aplicação da proposta. Durante essas sessões, foi feita uma apresentação pessoal, os alunos receberam instruções sobre os procedimentos a serem seguidos e o protótipo foi demonstrado. Dos discentes matriculados, cinco participaram do experimento, organizados em duas duplas e um aluno individualmente. Inicialmente, os alunos haviam sido divididos em grupos de três, mas alguns desistiram da disciplina antes da última avaliação, enquanto outros já haviam sido aprovados e optaram por não participar da construção do experimento.

O Quadro 4.2 apresenta uma síntese das características gerais de cada experimento, destacando o número de integrantes, o método de medição, os materiais escolhidos e as condições de contorno definidas.

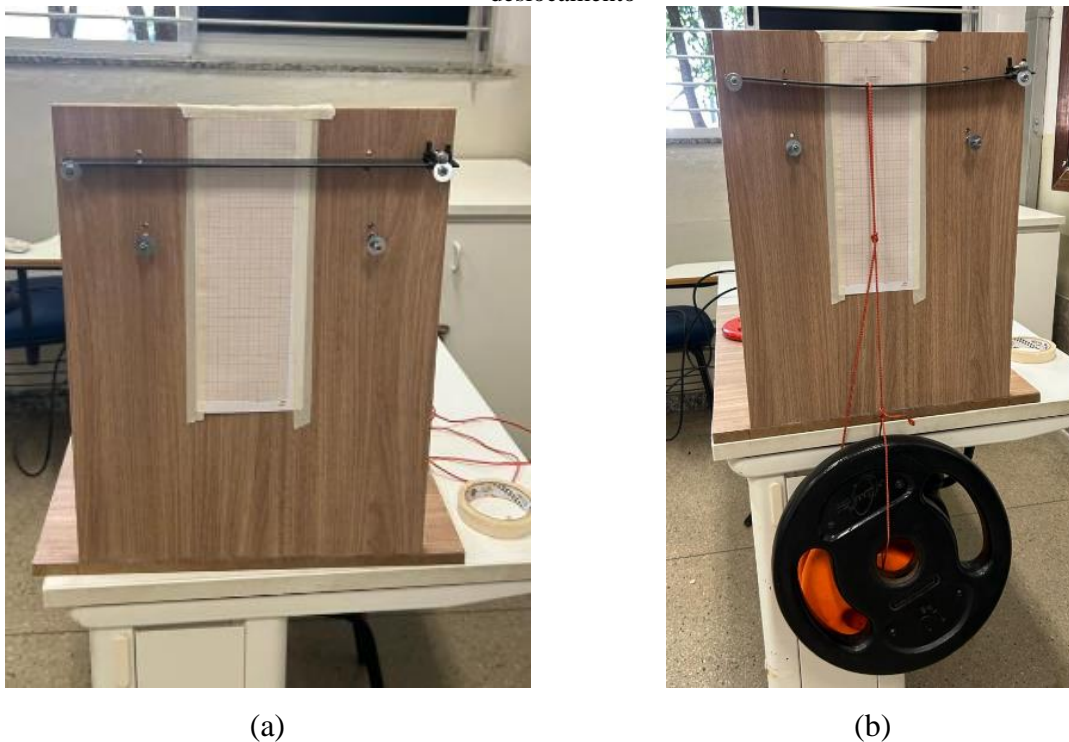
Quadro 4.2 – Dados gerais nos experimentos de cada grupo da validação do artefato

Grupo	Número de integrantes	Resumo sucinto do método de medição	Materiais	Condições de contorno
1	2	Papel milimetrado	Aço	Viga bi apoiada
2	2	Papel milimetrado/Trena a laser	Aço	Viga hipostática
3	1	Papel milimetrado	Aço	Pórtico hipostático

A apresentação do experimento foi realizada seguindo a mesma metodologia utilizada com a turma anterior. Neste caso, foram utilizadas anilhas de academia para simular a carga, e os alunos aumentaram a massa gradualmente, enquanto a estrutura permanecesse no regime

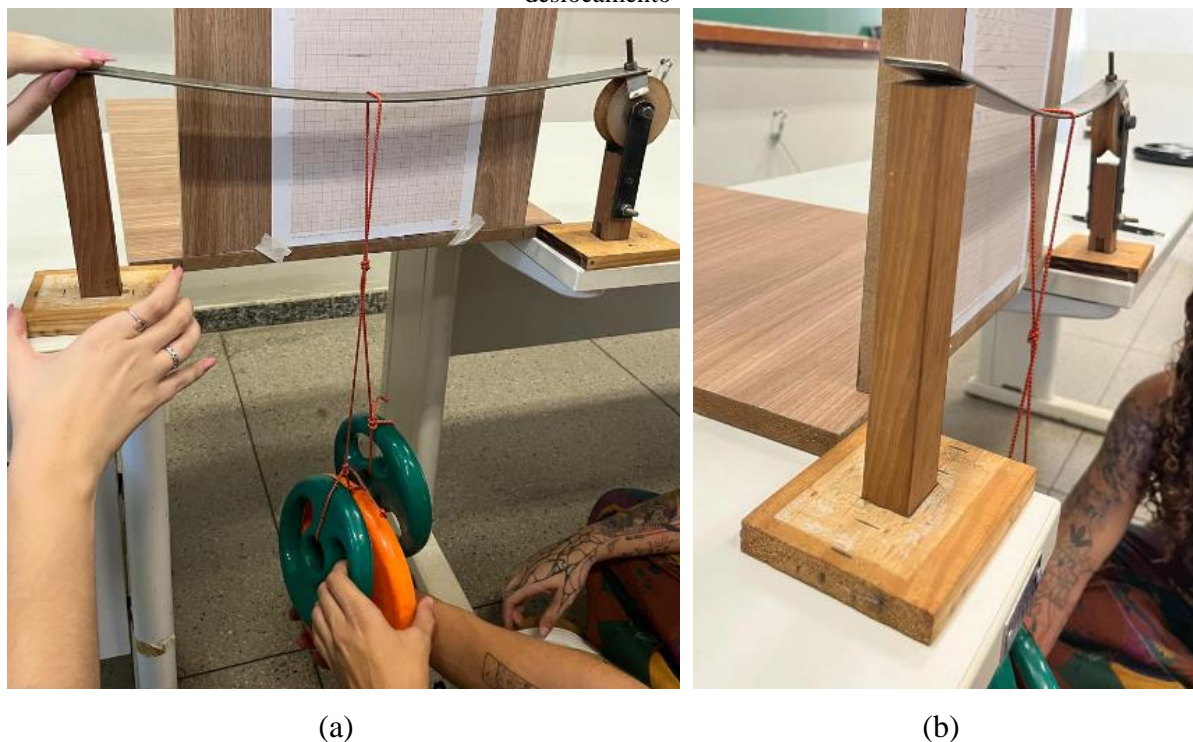
elástico. A Dupla 1 se destacou por fazer a simulação de uma viga biapoiada e aplicar o deslocamento no meio do vão, conforme apresentado na Figura 4.14.

Figura 4.14 – Experimento da Dupla 1: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento



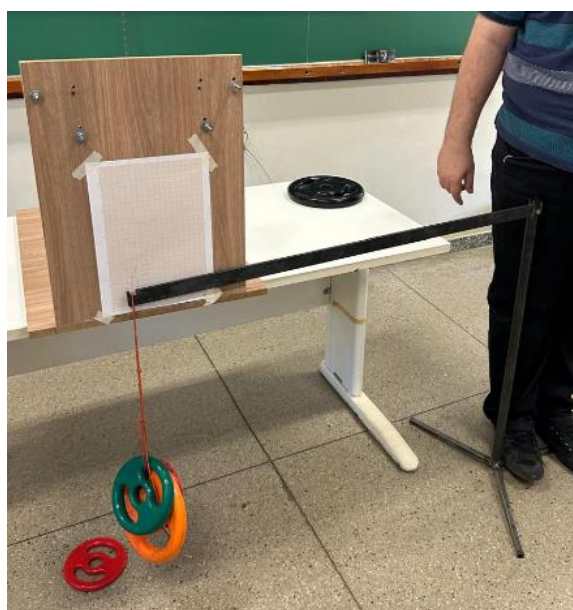
A Dupla 2 também optou por simular uma viga biapoiada, mas não obteve sucesso na implementação, pois não conseguiu simular corretamente os apoios. Como resultado, um dos extremos apresentou deslocamento vertical ao ser aplicada a carga pontual. É importante ressaltar que o apoio deve eliminar o grau de mobilidade da estrutura, neste caso especificamente a mobilidade vertical, o que não ocorreu, conforme pode ser observado na Figura 4.15b. Na ocasião, a autora e o professor de Análise Estrutural I explicaram aos alunos quais foram os erros cometidos e como poderiam ser corrigidos, oferecendo assim um *feedback*.

Figura 4.15 – Experimento da Dupla 2: (a) sem aplicação de carga; (b) com aplicação de carga e cálculo do deslocamento



Por fim, o aluno que fez o trabalho individual apresentou seu experimento. É possível observar na Figura 4.16 que o experimento não representou uma viga, mas sim um pórtico de aço composto por um pilar e uma viga, bastante similar ao experimento do Grupo 5. Ou seja, a condição de contorno também não estava adequada, sendo necessário que o professor segurasse o ponto de apoio com o pé.

Figura 4.16 – Experimento individual com aplicação de carga



Outro ponto a ser destacado neste experimento foi que a peça utilizada para simular a viga era mais robusta e foi posicionada de forma diferente, com maior inércia em relação ao eixo vertical (ver Figura 4.17). Essa configuração resultou em uma falta de rigidez na direção oposta, causando um deslocamento horizontal na viga, além do deslocamento vertical já observado. Essa combinação de fatores contribuiu para o desempenho inadequado da simulação.

Figura 4.17 – Experimento individual com aplicação de carga



Assim como foi feito com a Dupla 2, o *feedback* também foi fornecido ao aluno que trabalhou individualmente. Durante essa interação, foram abordados os conceitos relacionados ao momento de inércia e às condições de contorno, esclarecendo os pontos críticos que poderiam ser melhorados em sua simulação.

Observou-se que a experiência prévia em atividades manuais apresentou diferenças entre os alunos que participaram do desenvolvimento do artefato e os que integraram o grupo de validação. No primeiro grupo, alguns alunos realizaram integralmente a montagem de seus próprios experimentos, sem recorrer a auxílio externo. Já os alunos da IFES, embora também apresentassem alguma experiência prática, possuíam habilidades mais básicas, limitadas ao uso

de ferramentas caseiras e pintura, e não realizaram a construção direta do experimento, contando com o auxílio de profissionais externos, como marceneiros e serralheiros. Contudo, isso não diminuiu seu aprendizado e envolvimento no processo.

O grupo de validação apresentou um conhecimento limitado sobre metodologias ativas antes de cursar a disciplina em questão, com a maioria dos alunos não tendo familiaridade com o conceito. No entanto, alguns destacaram percepções interessantes sobre o tema, mencionando, por exemplo, discussões frequentes sobre metodologias ativas em cursos de licenciatura e a percepção sobre a falta dessas abordagens nos estudos de Engenharia Civil, em contraste com a abordagem mais comum em licenciaturas.

Embora inicialmente desconhecessem as metodologias ativas, ao serem explicadas, os alunos reconheceram experiências semelhantes em outras disciplinas. Alguns relataram vivências que envolviam atividades práticas e a execução de experimentos, destacando a importância dessas experiências, mas também a limitação da aplicação sistemática de metodologias ativas na formação dos futuros engenheiros.

Investigou-se também a aplicação de metodologias ativas nas disciplinas de estruturas, e, assim como no grupo do desenvolvimento do artefato, constatou-se que essa abordagem ainda não havia sido utilizada nessas disciplinas.

As respostas sobre as dificuldades de aprendizado nas disciplinas de estruturas variaram. Alguns alunos destacaram a complexidade do conteúdo, mencionando que, no início, tiveram dificuldades em compreender conceitos mais abstratos, mas conseguiram aprimorar a compreensão com o tempo. A importância da precisão nos cálculos também foi enfatizada, assim como a percepção de que a aprendizagem nessas disciplinas exigia um entendimento mais visual e prático. Além disso, alguns alunos apontaram a falta de experiências práticas e a dificuldade de perceber a interdisciplinaridade, o que tornou o aprendizado mais desafiador. Essas observações foram consistentes com as feitas pelos alunos do grupo do desenvolvimento, destacando-se os seguintes comentários:

"A gente não tem um contato direto sobre o que seria um apoio de primeiro ou segundo gênero na vida real, então é meio confuso."

"É um pouco mais visual, mais prático, você tem que entender mesmo o conceito."

Foi investigado se a experiência na construção civil desempenha um papel significativo na compreensão teórica das disciplinas de estruturas. A análise indicou que a vivência prática ajudou alguns alunos a construir uma base sólida para o entendimento teórico. Por exemplo, um dos alunos, com experiência de um ano em obra, destacou que essa prática permitiu conectar melhor a teoria com a realidade no estágio atual em escritório, evidenciando como a vivência na obra auxilia na compreensão dos conceitos estruturais.

Outro aluno, com um ano de experiência em execução de obras, compartilhou que, mesmo sem experiência prévia, a vivência prática foi essencial para o aprendizado, pois lhe permitiu assimilar conceitos teóricos com mais facilidade, especialmente quando passou a atuar em atividades administrativas e orçamentárias.

Além disso, as respostas dos alunos do grupo de validação ressaltaram a importância de integrar teoria e prática nas disciplinas do eixo de estruturas. Muitos destacaram que visualizar na vida real o que estão aprendendo é fundamental para superar a limitação de uma aprendizagem "2D", facilitando a fixação dos conceitos. Para alguns, tornar os conceitos mais tangíveis, como momento e flexão, ajudaria a tornar o aprendizado mais realista e aplicável.

A integração entre teoria e prática também foi vista como essencial por outros alunos, que destacaram a necessidade de entender o "porquê das escolhas do projetista" e a dificuldade de aplicar certos conceitos teóricos à realidade da construção. Por exemplo, um aluno mencionou a dificuldade de aplicar o conceito de pórticos planos, apontando que a teoria muitas vezes não leva em consideração as complexidades da realidade, como o tratamento de apoios como rígidos, algo que não condiz com as condições reais de construção.

As respostas dos alunos do grupo de validação também evidenciaram uma clara compreensão da interdisciplinaridade e sua importância na execução do experimento. Alguns alunos exemplificaram como diferentes áreas do conhecimento se conectam na prática, como a relação entre conceitos de química, como as reações químicas, e o aprendizado em Materiais de Construção, onde o conhecimento de minerais no concreto está diretamente relacionado aos princípios químicos. Para esses alunos, a capacidade de fazer essas ligações entre áreas é crucial para um entendimento mais profundo e aplicado.

Além disso, a interdisciplinaridade foi vista como fundamental para o sucesso do experimento. A combinação de conhecimentos de Resistência dos Materiais e Análise Estrutural foi destacada como essencial, pois a experiência prática nessas áreas forneceu o apoio necessário

para a execução do protótipo. Alguns alunos também ressaltaram a importância de entender as propriedades dos materiais, como o tipo de aço e seu peso específico, para garantir que o projeto fosse executado de forma eficaz. Assim, a integração de diferentes disciplinas foi considerada determinante para o sucesso do experimento desenvolvido.

Assim como no grupo em que o artefato foi desenvolvido, a aplicação da metodologia ativa nesta turma também se mostrou significativa para o aprendizado dos alunos. A experiência proporcionou uma vivência mais rica e interativa nas disciplinas de estruturas, impactando positivamente a compreensão dos conceitos abordados. Os alunos destacaram a importância da vivência prática, que, ao envolver diferentes sentidos, como visão, tato e olfato, contribui para a criação de uma "memória sensorial" que torna o aprendizado mais envolvente e significativo.

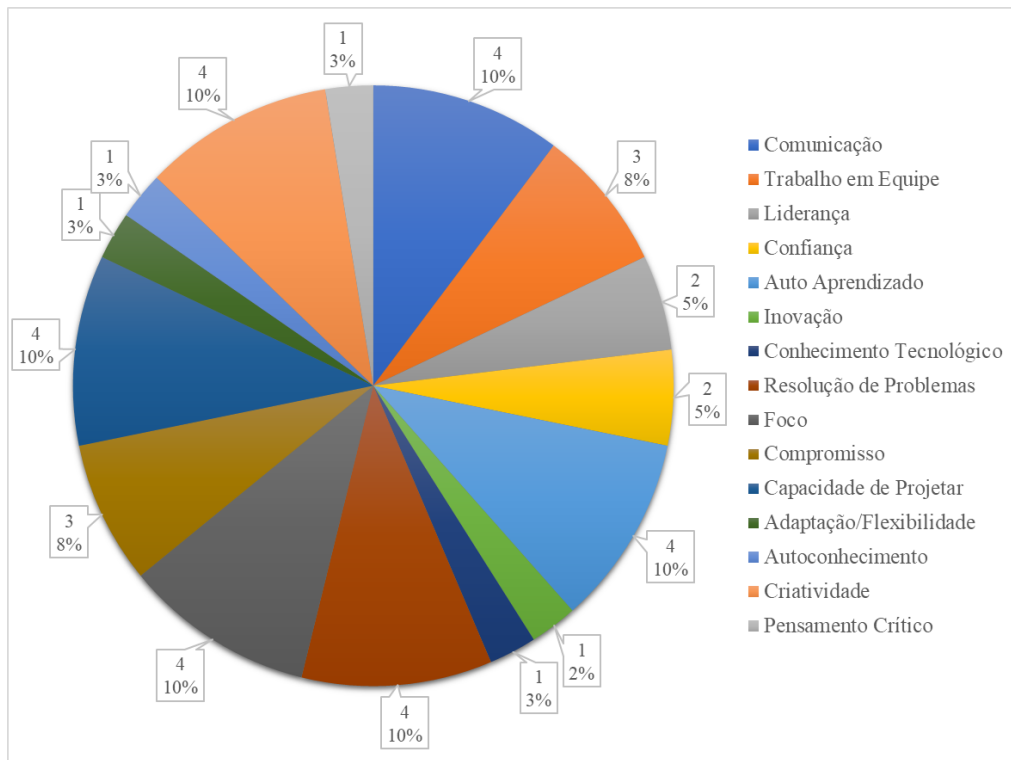
Além disso, alguns alunos ressaltaram como a metodologia ativa facilita a conexão entre teoria e prática, oferecendo uma compreensão mais sólida dos conceitos estudados. A integração de diferentes formatos de aprendizado foi vista como uma maneira eficaz de construir um entendimento mais profundo. Para muitos, essa abordagem também favoreceu o desenvolvimento da autonomia no processo de aprendizagem, incentivando os alunos a se tornarem mais protagonistas de seu próprio aprendizado, resolvendo problemas por conta própria e usando a criatividade.

A visualização também foi apontada como uma ferramenta importante. Os alunos destacaram que, ao observar visualmente os fenômenos e deslocamentos, puderam ir além da simples memorização de diagramas e entender o "porquê" por trás dos conceitos. Isso permitiu uma compreensão mais profunda e concreta dos fenômenos estudados, algo crucial no campo da engenharia.

Por fim, foi destacada a simplicidade do protótipo desenvolvido, que, embora simples, permitiu aos alunos entenderem o propósito dos cálculos e teorias aplicadas. Mesmo que os resultados não fossem exatamente como esperado, os alunos puderam observar que o comportamento do protótipo estava alinhado com o previsto, o que evidenciou como a metodologia ativa ajudou a consolidar o conhecimento, tornando-o mais tangível e compreensível.

Assim como a turma de Teoria das Estruturas I, foi perguntado aos alunos quais *soft skills* eles acreditavam ter aprimorado com a realização dessa atividade. Os resultados obtidos estão representados na Figura 4.18.

Figura 4.18 – Habilidades comportamentais aprimoradas – turma da validação do artefato



Na formação em engenharia, as habilidades comportamentais desempenham um papel crucial, complementando as competências técnicas adquiridas. A experiência de projetar uma viga bem apoiada revelou a importância de uma visão holística e criativa, pois, além da simples marcação no papel, foi necessário refletir sobre a viabilidade do projeto e considerar diferentes formas de apoio. Esse processo demonstrou que os futuros engenheiros precisam cultivar a capacidade de pensar de maneira ampla e inovadora.

Além disso, o trabalho em equipe e a liderança também foram destacados como habilidades essenciais. Um aluno, embora sem um cargo formal de liderança, tomou a iniciativa de guiar o trabalho em dupla, evidenciando como a confiança e a cooperação são fundamentais para o sucesso de projetos. Isso ilustra que, além das competências técnicas, a colaboração e a capacidade de liderar, considerando os impactos sociais e ambientais das decisões, são aspectos cruciais na formação dos engenheiros.

Quanto à melhoria do processo de ensino, as sugestões dos alunos apontaram para a busca por um equilíbrio entre orientação e criatividade. Alguns mencionaram que mais exemplos de atividades anteriores poderiam ser úteis, mas alertaram para o risco de que isso limitasse a liberdade criativa dos alunos. Isso sugere que o professor deve encontrar maneiras de estimular a inovação sem restringir a criatividade individual dos estudantes.

Outro ponto importante foi a necessidade de projetos mais compactos e acessíveis. Alguns alunos sugeriram que, ao optar por modelos menores, as atividades poderiam ser mais facilmente integradas ao currículo, tornando o aprendizado mais dinâmico e prático. Essa sugestão reflete a ideia de que projetos mais simples e diretos podem ser mais eficazes no processo de ensino.

A proposta de aplicar a metodologia ativa em mais disciplinas também foi mencionada, com a sugestão de expandir o uso dessa abordagem para outras áreas, como a Análise Estrutural II, o que poderia enriquecer ainda mais a formação dos alunos. Essa proposta de integração entre as disciplinas de estruturas foi uma sugestão comum, tanto entre os alunos da turma em questão quanto na turma do desenvolvimento do artefato.

Por fim, foi destacada a importância de um ambiente de aprendizado colaborativo e exploratório. A aluna ressaltou que o trabalho fluiu de maneira muito positiva, reforçando como um ambiente que incentive a colaboração pode ser fundamental para o sucesso das atividades. Esses feedbacks são essenciais para a evolução do processo de ensino nas disciplinas do eixo de Estruturas, permitindo que os alunos não apenas adquiram conhecimento técnico, mas também desenvolvam habilidades práticas e criativas para enfrentar os desafios do mercado de trabalho.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo propor um método para aprimorar o ensino das disciplinas do eixo de estruturas nos cursos de graduação em Engenharia Civil, por meio da aplicação de uma metodologia ativa. A pesquisa focou na integração da teoria com a prática, abordando a dificuldade comum dos alunos em perceber a interdisciplinaridade entre as áreas do conhecimento envolvidas. O método foi criado para estabelecer conexões eficazes entre o conteúdo teórico e sua aplicação em situações reais, facilitando a compreensão dos conceitos estruturais.

Um dos marcos da pesquisa foi a construção de um experimento que simulasse uma viga isostática pelos alunos matriculados na turma de Teoria das Estruturas I no curso de Engenharia Civil. Foram utilizados materiais como aço e alumínio, que possuem comportamento isotrópico e elástico, e dessa forma se tornou possível ilustrar conceitos como deformações e deslocamentos, essenciais nas disciplinas de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas. A utilização do Método da Carga Unitária e do Princípio dos Trabalhos Virtuais permitiu realizar cálculos precisos e uma análise prática e interativa dos conceitos estudados.

A metodologia ativa não só facilitou a compreensão teórica, mas também favoreceu o aprimoramento de habilidades essenciais para a prática profissional, como trabalho em equipe, comunicação, gestão de tempo, criatividade e resolução de problemas. Durante os experimentos, os alunos colaboraram estreitamente, dividindo responsabilidades e incentivando a troca de ideias, o que fortaleceu a mentalidade de trabalho coletivo, crucial para o ambiente de Engenharia. Além disso, a flexibilidade do método estimulou o pensamento crítico e a busca por soluções criativas, preparando os alunos para enfrentar desafios complexos e interdisciplinares no mercado de trabalho.

O uso do *software* Ftool permitiu que os alunos comparassem os resultados computacionais com os dados experimentais, gerando discussões sobre a precisão dos modelos teóricos e as limitações dos mesmos. Esse processo de validação, aliado à experimentação prática, permitiu que os alunos compreendessem melhor os conceitos de deslocamento e comportamento elástico linear dos materiais sob carregamento.

A experiência também permitiu aos alunos, especialmente os que já tinham vivência em atividades manuais ou construção civil, desenvolver uma “sensibilidade visual e tridimensional” essencial para a engenharia.

A interdisciplinaridade foi destacada pelos alunos como um fator chave para o sucesso do experimento. A integração de conceitos de áreas como Mecânica Vetorial, Isostática e Resistência dos Materiais facilitou a execução das atividades e reforçou o entendimento prático dos fenômenos. O aprendizado integrado, que envolveu tanto a teoria quanto a prática, preparou os alunos para lidar com situações imprevisíveis no ambiente profissional, onde a colaboração e a capacidade de tomar decisões estratégicas são essenciais.

A avaliação do artefato, no caso o método, foi realizada na turma de Análise Estrutural I de uma IFES, demonstrando um impacto positivo no processo de aprendizagem, embora também tenha identificado alguns desafios e pontos de melhoria. A aplicação dos conceitos de deslocamento e condições de contorno, com a construção de experimentos, permitiu aos alunos observar visualmente os fenômenos e consolidar seu aprendizado de forma tangível.

Apesar de falhas em alguns experimentos, que geraram resultados inesperados, a metodologia ativa foi essencial para esclarecer conceitos como momento de inércia e a necessidade de um apoio rígido para a estrutura. A intervenção dos professores, com *feedbacks* construtivos, foi fundamental para que os alunos compreendessem os erros cometidos e melhorassem suas simulações, aplicando os princípios de forma mais eficaz.

Os resultados indicam que a formação em Engenharia deve abranger não apenas competências técnicas, mas também habilidades comportamentais, como liderança e trabalho em equipe. A experiência de projetar uma viga, por exemplo, exigiu uma visão criativa e abrangente, considerando a viabilidade do projeto e a busca por soluções inovadoras. Além disso, a liderança emergente e a colaboração dentro dos grupos evidenciaram a importância dessas habilidades para o sucesso das atividades.

As sugestões dos alunos das duas IES indicaram a necessidade de um equilíbrio entre orientação técnica e liberdade criativa. Muitos sugeriram mais exemplos de atividades anteriores, mas com a preocupação de que isso poderia limitar a criatividade. A ideia de realizar projetos mais compactos e acessíveis foi bem recebida, permitindo uma aplicação mais dinâmica e prática do conhecimento. Também houve o desejo de expandir a metodologia ativa para outras disciplinas,

como Análise Estrutural II, Teoria das Estruturas II, dentre outras, refletindo a demanda por uma abordagem pedagógica mais integrada e voltada para a experiência prática.

Percebe-se, portanto, que a metodologia ativa contribuiu para a melhor integração entre teoria e prática, além de permitir aos alunos perceber as conexões entre diferentes áreas do conhecimento. Isso é essencial para sua formação como profissionais capacitados, integrados ao contexto real da Engenharia.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008, 237 p.

BRASIL. Lei 5540/1968. **Fixa normas de organização e funcionamento do ensino superior e sua articulação com a escola média, e dá outras providências**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-5540-28-novembro-1968-359201-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. **Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União**, Ed. 80, Seção 1, p. 43, 26/04/2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso: 23 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018**. Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira. Brasília, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 20 de outubro de 2024.

AMORIM, P. A. Transformando o ensino da Engenharia: aplicação da sala de aula invertida em disciplinas de Mecânica Estática e Resistência dos Materiais. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

ARAÚJO, C. A. S.; MOZELLI, J. V. M.; SARTORI, P. G.; GIMENEZ, G. R. Educação 4.0 e as competências essenciais para a formação de Engenheiros na Indústria 4.0. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

BARBIRATO, J. C. C.; SANTOS, W. L. E. Aprendizagem Baseada em Projeto (ABPj) para desenvolver habilidades e competências em Análise Estrutural na Engenharia Civil. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

BARROS, M. A.; SILVA, L. G. S.; SOUZA, A. L. A. P.; CRISPIM, E. C. S. Sistemas mecânicos treliçados para auxiliar o aprendizado prático em mecânica geral. In: **XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; 1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2018, Salvador. Anais do 46º

COBENGE: Educação inovadora para uma Engenharia Sustentável. Salvador: ABENGE /UFBA, 2018.

BEHRENS, M. A.; JOSÉ, E. M. A. Aprendizagem por projetos e os Contratos didáticos. **Revista Diálogo Educacional**, v. 2, n.3, p. 1-19, 2001.

BEICHNER, R.; SAUL, J.M.; ABBOTT, D. S.; MORSE, J. J.; DEARDORFF, D.; ALLAIN, R.J.; RISLEY, J.S. The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. **Research-based reform of university physics**, v. 1, n. 1, p. 2-39, 2007.

BELISÁRIO, A. B.; FARIA, D. G.; DE SOUZA CHAVES, D. H.; DE ALMEIDA, G. M.; CARDOSO, M. Relatos de experiência de inserção de tecnologias digitais no ensino de Engenharia. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 10, p. 1–18, 2020.

BENDER, W. **Aprendizagem baseada em projetos: Educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BERTOLDI, A.; BROETTO, L. Curricularização da extensão em um curso de Engenharia Elétrica: relatos de uma experiência em construção e de 82 desafios ainda a serem vencidos. **Raízes e Rumos**, v. 11, n. 1, p. 108- 115, 2023.

BORGES JÚNIOR., G. **Gamificação como recurso inovador no processo de ensino e aprendizagem para o ensino superior**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Sociedade) – Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), 2020.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*, 8ª edição, LTC. **Rio de Janeiro**, 2012.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*, 10ª edição, LTC. **Rio de Janeiro**, 2020.

CAMPANATI, M. E. S.; NETO, A. M.; FONSECA, T. M.; LIMA, A.S.; ALMEIDA, J. R. Semana do calouro: Uma proposta de metodologia de ensino a minimizar as dificuldades dos ingressantes dos cursos de exatas de UFJF. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024, p. 1-13.

CARITÁ, E. C.; LOPES, C. S. G.; SILVA, S. S.; LEHFELD, N. A. S. Avaliação da aprendizagem por meio de rubrica em curso de engenharia de produção/Assessment of learning through ongoing production engineering rubric. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 14911-14921, 2019.

CARRILLO, C.; FLORES, M. A. COVID-19 and teacher education: a literature review of online teaching and learning practices, **European Journal of Teacher Education**, 43:4, p 466-487, 2020.

CARVALHO, E. R.; BRITO, J. L.; HOLANDA, D. K. S. L.; SILVA, J. V. P.; CASTRO, E. Q. Atividade de aprendizagem baseada em projeto em engenharia civil: proposta de análise experimental do módulo de elasticidade e dimensionamento de viga. In: **XLIX**

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021, Evento Online. Anais do XLIX COBENGE: Formação em Engenharia: tecnologia, inovação e sustentabilidade. Evento Online: ABENGE/UFMG, 2021.

CARVALHO, L. DE A.; TONINI, A. M. (2017). Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. **Gestão & Produção**, 24(4), 829-841. 2017.

CASSEMIRO, K.; HENRIQUE, A. L. S. Para onde apontam as atuais Diretrizes Curriculares? Um olhar sobre as DCNs de engenharia. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 3, p. 656-683, 2020.

CASTRO, L. L. C.; OLIVEIRA, I. M.; PARREIRA, C. C. A.; NUNES, J. K. O.; MICHEL, H. C. C.; NUNES, V. L. A.; CARDOSO, M. A incorporação de metodologias ativas no desenvolvimento de plantas pilotos. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

CEH-VARELA, E.; CANTO-BONILLA, C.; DUNI, D. Aplicação de Aprendizagem Baseada em Projetos a um curso de Engenharia de Software em um ambiente de aula híbrido. **Information and Software Technology**, v. 158, p. 107189, 2023.

COELHO, L. G. **Análise da necessidade de formação docente e proposta de programa de formação e desenvolvimento profissional para docentes de engenharia**. Tese de Doutorado – São Paulo-SP. Universidade de São Paulo, 2017.

COSTA, L. E. N.; LIRA, F. P.; CARVALHO, E. R.; BRITO, J. L. Utilização do aplicativo móvel *BeamDesign* como ferramenta educacional para análise de vigas planas. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

CUNHA, C. P.; *et al.* Experiências em tutoria e acolhimento estudantil nas instituições de ensino de engenharia. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. **ABENGE 50 ANOS: Desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2023. p. 212- 239.

CUNHA, M. I. **Trajetórias e lugares de formação da docência universitária: da perspectiva individual ao espaço institucional**. Junqueira&Marin Editores, 2010.

DURAND, T. L'alchimie de la compétence. **Revue française de gestion**, n. 8, p. 267-295, 2015.

FERREIRA, G. F. D.; BIOUDE, M. M.; VASCONCELOS, H. M. N.; LORDELO, S. N. B.; ALMEIDA JÚNIOR, R. J. Desafios e avanços no desenvolvimento docente: a experiência do SENAI CIMATEC. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM**

ENGENHARIA, 2024, Vitória. Anais do 52° COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

FRAGA, F. S. Avaliação de um programa de formação em engenharia sob a ótica do Aprendizado Baseado em Projetos: um estudo de caso. In: **52° CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52° COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARCIA, C. C.; LENHARD, D. C.; ZANATTA, E. R.; FERREIRA, F. A. B.; BARALDI, I. J. (2021). Reestruturação curricular com base em competências: vivências iniciais em um curso de Engenharia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 7146-7165, 2021.

GODOY, E.; ALMEIDA, E. A evasão nos cursos de Engenharia e a sua relação com a Matemática: uma análise a partir do COBENGE. **Educação Matemática Debate**, v. 1, n. 3, p. 339–361, 1 dez. 2017.

GORMAZ-LOBOS, D.; GALARCE-MIRANDA, C.; HORTSCH, H. Evaluation of teacher training needs in engineering pedagogy. **Высшее образование в России**, n. 8-9, p. 93-103, 2021.

GRAVE, M. T. Q.; SALDANHA, O. M. DE F. L.; KOETZ, L. C. E.; ROSA, L. DE R.; NUNES, M. T.; DHEIN, G. (2019). Currículo integrado em saúde: construção coletiva a partir de fóruns de qualificação docente. **Brazilian Journal of Development**, 5(2), 996-1009. 2019.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. (2004). Design science in information systems research. **MIS quarterly**, 28(1), 75-105.

HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. 10ª edição. São Paulo: Pearson, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo da Educação do Ensino Superior. Tabelas de Divulgação, 2019**. Disponível em <https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_da_educacao_superior_2019.pdf>. Acesso em: 19 de outubro de 2024.

IZIDORO, D. L.; SILVA, D. F. Análise de treliças utilizando o modelo estrutural qualitativo mola. In: **XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia–COBENGE. 2018**.

KAUSHIK M. Evaluating a First-Year Engineering Course for Project Based Learning (PBL) Essentials. **Procedia Computer Science**, Volume 172, p. 364-369, 2020.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: Ribeiro, M.W.S.; ZORZAL, E.R. (Org.). Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. 1 ed. Porto Alegre: SBC, v. 1, 2011.

KLEBA, J. B.; RUFINO, S. Novas DCNs de Engenharia, Extensão Curricular e Engenharias Engajadas: Inovações e Desafios da Educação. In: TONINI, A.M.; PEREIRA, T.R.D.S. (org.). **Formação em Engenharia: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade**. Brasília: ABENGE, 2021. pp.200-237.

KLEIN, A. **Os desafios do engenheiro-professor: prática profissional X prática pedagógica**. Dissertação—Ponta Grossa-PR: UTFPR, 2020.

LEROY, G. Evaluating Artifacts Using Experiments as Part of the Design Science Framework. In: **2019 13th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)**. IEEE, 2019.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. A não-modernidade de Bruno Latour e suas implicações para a Educação em Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 367- 388, 2018.

LOPES, S. J. C. **Docência no Ensino Superior: importância do conhecimento prático para ensino da Engenharia Civil**. Brazilian Journal of Development: Curitiba, 2021.

LUCAS, A. A.; *et al.* Programa Brasil-EUA de modernização do ensino de graduação (PMG CAPES-FULBRIGHT): há 4,5 anos transformando a educação em engenharia no Brasil. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. **ABENGE 50 ANOS: Desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2023. p. 117- 158.

LUCIO, P. H. F.; SILVA, S. V.; ROCHA, L. L. M.; DIAS, P. C. S.; SOARES, D. A. L.; CAVALCANTE, B. F.; COSTA, M. C. A. Estudo de caso: a contribuição do Centro Acadêmico na redução da taxa de evasão de discentes do curso de Engenharia Civil. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

MATTASOGLIO NETO, O.; *et al.* O ensino de física básica em cursos de engenharia – fenomenologia, conceituação e modelagem do mundo físico. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. **ABENGE 50 ANOS: Desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2023. p. 262- 296.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Editora Penso, Porto Alegre, 2015.

MELLO, S. P. T. D.; SANTOS, E. G. D.; BRISOLARA, L. S.; SILVA, R. E. S. D.; KOGLIN, J. C. D. O. O fenômeno evasão nos cursos superiores de tecnologia: um estudo de caso em uma universidade pública no sul do Brasil. 2013. In: **COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA**. 2013, Buenos Aires, Anais do XIII Colóquio de Gestión Universitária en Américas.

MILANI, M. F. P.; SOUZA, A. S. C.; ACHON, C. L.; BUENO, C.; MENEZES, D. B.; MASIERO, E.; FERREIRA, F. G. S.; HIROSUE, F. H.; SACCHI, G. D.; TAKEDA, M. C.; BONUCCELLI, T. J. Competências do curso de Engenharia Civil da UFSCar. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º

COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers college record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

MORÁN, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, K. C. B.; SERRA, S. M. B. Avaliação do ensino-aprendizagem sobre segurança do trabalho em canteiros de obras por meio da gamificação. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

OLIVEIRA, A. L. M.; BORGES, R. A. S. **Tecnologias digitais no ensino superior: inovação com a TPACK**. Editora Appris, 2020.

OLIVEIRA, C. B. Z.; OLIVEIRA, M. J.; MENDES, D.; SANTOS, K. C. Avaliação do engenheiro de serviços e suas competências e habilidades profissionais. **Caderno Progressus**, v. 1, n. 1, 2021.

OLIVEIRA, V. F.; DE ALMEIDA, N. N.; CARVALHO, D. M.; PEREIRA, F. A. A. Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de ensino de engenharia**, 32(3), 37-56. 2013.

PEREIRA, E. M. A.; CARNEIRO, A. M.; GONÇALVES, M. L. Inovação e avaliação na cultura do ensino superior brasileiro: formação geral interdisciplinar. **Avaliação**, Campinas, Sorocaba, v. 20, n. 3, p. 717-739, 2015.

PEREIRA, J. M. N.; MELO, I. V. O.; COSTA, M. C.A. Análise discente do método de ensino na disciplina de Teoria das Estruturas no curso de Engenharia Civil. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

Pesquisa FAPESP. **Tendências recentes na formação em engenharia. Ingressos, matrículas e conclusões: após crescimento, números diminuem**. Edição 326, abril de 2023. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/tendencias-recentes-na-formacao-em-engenharia/>>. Acesso em 19 de outubro de 2024.

PIERI, R. G. Pandemia e a queda do poder aquisitivo dos brasileiros. **Portal da Fundação Getúlio Vargas**, publicado em 23 de setembro de 2021. Disponível em <<https://portal.fgv.br/artigos/pandemia-e-queda-poder-aquisitivo-brasileiros>>. Acesso em: 19 de outubro de 2024.

PINHEIRO, A. C. D. F. B.; BURINI, E. R. V. Curso de Engenharia por Competências—uma proposta pedagógica para ambientes globalizados. In: **XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia—COBENGE**. 2006.

PONCIANO, T. M.; GOMES, F. C. V.; MORAIS, I. C. Metodologia ativa na engenharia: verificação da ABP em uma disciplina de engenharia de produção e um modelo passo a passo. *Revista Princípios*, n. 34, p. 32-39, 2017.

PPGCEM. **Linha de Pesquisa em Educação em Engenharia de Materiais**. Disponível em: <<https://www.ppgcem.ufscar.br/pt-br/linhas-de-pesquisa/educacao-em-engenharia-de-materiais>> Acesso em: 20 de outubro de 2024.

REBELO, K. M. W. O uso da metodologia ativa no ensino de Mecânica dos Solos no curso de Engenharia Civil: uma experiência em sala de aula. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

ROCHA, A.; LUCENA, J.; CRUZ, T.; COUTINHO, A.; MAIA, F. Análise do comportamento estrutural através de simulações de protótipos: para fins didáticos. In: **XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**. 2017.

RUFINO, S.; *et al.* Inovações e desafios da educação em engenharia: Debate sobre a implementação das diretrizes nacionais e da curricularização da extensão. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. **ABENGE 50 ANOS: Desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2023. p. 43- 86.

SANTANA, A. C.; RIBEIRO, C. J; SILVA, M. I.; MENDANHA, V. F. C. Estudos sobre acompanhamento dos estudantes para a diminuição da retenção e da evasão dos cursos de engenharia elétrica e de engenharia de computação de EMC/UFG. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024, p. 1-14.

SANTOS, F. F. S.; SERRA, S. M. B. Análise dos projetos pedagógicos do curso de Engenharia Civil da UFSCar face às novas DCN Brasileiras. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

SATO, M. F. C. B. **Diretrizes para melhorias da educação em engenharia civil por meio de inovação da estruturação curricular**. Dissertação - Goiânia-GO: UFG, 2023.

SAVERY, J. R. Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. **Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows**, v. 9, n. 2, p. 5-15, 2015.

SENA, T. V. (2019). Gamificação: estratégia de ensino e aprendizagem em currículo por competências. **Revista de Ensino em Artes, Moda e Design**, v. 3, n. 2, p. 025-040, 2019.

SILBERMAN, M. *Active learning*. Boston: Trustco, 1996.

- SILVA, I. Q. L. C.; VASCONCELOS, M. A. G. Aprendizagem Baseada em Problema: análise de módulo de elasticidade e dimensionamento de viga. In: **51º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2023, Rio de Janeiro. Anais do 51º COBENGE: ABENGE 50 anos: desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em Engenharia. Rio de Janeiro: ABENGE /CEFET-RJ, 2023.
- SILVA, J. M. S.; SANTOS, B. T. H.; CAVALCANTE, B. F.; BRITO, J. L.; CARVALHO, E. R. Aprendizagem Baseada em Problema na Engenharia Civil: proposta de atividade aplicada na disciplina de Teoria das Estruturas. In: **51º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2023, Rio de Janeiro. Anais do 51º COBENGE: ABENGE 50 anos: desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em Engenharia. Rio de Janeiro: ABENGE /CEFET-RJ, 2023.
- SILVA, P. E. S.; NASCIMENTO, J. H. P.; COSTA, M. C. A.; SILVA, F. A. B.; SILVA, R. M. S.; FARIAS, C. F. O.; MENEZES, A. M.; OLIVEIRA, M. H. M.; GOMES, L. S.; SANTOS, M. F. V. Tubarões acadêmicos: O *Shark Tank* como ferramenta de incentivo à iniciação científica aos graduandos do curso de Engenharia Civil do IFAL Campus Palmeira dos Índios. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.
- SILVA, S. C. S.; MACHADO, E. C.; DANTAS, V.; MACHADO, A. C. SARndbox: caixa de areia de Realidade Aumentada aplicada ao ensino de Engenharia Civil. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.
- SOARES, R. V.; COSTA, A. B. R.; FUJIYAMA, R. T. Importância de atividades de pesquisa em laboratório para os alunos no primeiro ano de permanência na faculdade de Engenharia Mecânica da UFPA. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.
- SUSSEKIND, J. C. **Curso de Análise Estrutural II**. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1980. v. 2. 310 p.
- TEIXEIRA, R. L.; ADDUM, F. M. **Aprendizagem baseada em projetos: na prática de projetos e de protótipos de estruturas de concreto armado**. 2020.
- TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. E. **Mecânica dos Sólidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v.2. 181 p.
- VELHO, L. M. L. S.; DA COSTA, J. O. P.; GOURLART, F. L. Gargalos na formação em engenharia no Brasil: uma perspectiva dos engenheiros. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 15, n. 35, 2019.

WEIGAND, H.; JOHANNESSON, P. How to identify your design science research artifact. In: **2023 IEEE 25th Conference on Business Informatics (CBI)**. IEEE, 2023.

XAVIER, A. R. C.; TOTI, M. C. S.; AZEVEDO, M. A. R. Institucionalização da formação docente: análise de um programa de desenvolvimento profissional. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 98, p. 332-346, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeped/a/TVSRgD6L3cR6N7YKffZqXrt/>> Acesso em: 09 novembro 2024.

YAMAMOTO, L. Evasão do curso de engenharia civil da UFPR entre os anos de 2019 e 2023. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024, p. 1-9.

YIN, R. K. **Case study research: Design and methods**, v.5, sage, 2009.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artes Médicas. 2010.

ZAMBIASI, C. A.; SANTOS, G. T.; OLIVEIRA, S. M.; FARIAS, C. A.; GAMA, L. C. D.; ZYNGIER, C. M.; GUERRA, P. H. C. Aplicação de PBL para alunos ingressantes: estratégias de roteirização de viaturas para mitigar furtos de fios de cobre em Belo Horizonte. In: **52º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 2024, Vitória. Anais do 52º COBENGE: Engenharia do Futuro: Formação, desafios complexos e demandas da sociedade. Vitória: ABENGE / UFES, 2024.

APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

1. Nome (opcional):
2. Gênero:
3. Idade:
4. Entrou em qual data no curso?
5. Possui outra graduação ou curso técnico? Se sim, qual?
6. Possui experiência com atividades manuais (ex.: artesanato, marcenaria, serralheria, uso de ferramentas, etc.)? Se sim, qual?
7. Possui experiência no setor da construção civil (estagiário e/ou colaborador)? Se sim, qual o cargo e quanto tempo de experiência?
8. Antes de cursar esta disciplina, você conhecia sobre metodologias ativas? Se sim, quais?
9. Em alguma outra disciplina do curso de Engenharia Civil foi aplicada alguma destas metodologias ativas? Se sim, como foi a experiência?
10. Quais outras disciplinas do eixo de estruturas você já cursou?
11. Quais foram suas principais dificuldades em relação ao aprendizado nas disciplinas do eixo de estruturas?
12. Quais foram suas principais dificuldades em relação ao aprendizado nas disciplinas do ciclo básico?
13. Qual a sua percepção sobre aliar teoria e prática em sala de aula, especificamente em disciplinas do eixo de estruturas?
14. Você está familiarizado com o termo interdisciplinaridade?
15. Na sua opinião, a interdisciplinaridade foi importante para a produção do experimento?
Se sim, quais conhecimentos prévios foram necessários para a execução do protótipo?
16. Como a aplicação desta metodologia na disciplina contribuiu para seu aprendizado?
17. Quais conceitos teóricos estavam relacionados com a atividade proposta?
18. Além das habilidades técnicas, quais habilidades comportamentais (*soft skills*) você aprimorou? (Comunicação; Trabalho em equipe; Liderança; Confiança; Autoaprendizado; Inovação; Conhecimento tecnológico; Resolução de problemas; Orientação/foco; Compromisso; Capacidade de projetar; Adaptação; Autoconhecimento; Criatividade; Pensamento crítico).
19. Quais são suas sugestões para melhoria do processo (ou considerações finais)?

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Escola de Engenharia Civil e Ambiental



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada **“ESTRATÉGIAS PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DO ENSINO NA ENGENHARIA CIVIL: IMPLEMENTAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS EM DISCIPLINAS DO EIXO DE ESTRUTURA”**. Meu nome é **Tairine Roquete Alves Carneiro**, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é Construção Civil. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora responsável, via e-mail tairinecarneiro@discente.ufg.br e, através do seguinte contato telefônico: (62) 99452-5099, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFV) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

O trabalho tem como objetivo analisar propor diretrizes para a implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas nas disciplinas que contemplam o eixo de estruturas nos cursos de graduação de Engenharia Civil. Você irá responder a entrevista semiestruturadas e para isso deverá reservar um período de 30 minutos. Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso.

Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei.

Se você não quiser que seu nome seja divulgado, está garantido o sigilo que assegure a privacidade e o anonimato. As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. Pode haver riscos mínimos e possíveis constrangimentos durante a entrevista. Ressalta-se que será atribuído ao respondente o direito de não responder a entrevista ou paralisar a sua resposta a qualquer momento ou caso haja alguma questão que considere inadequada.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificá-lo, será mantido em sigilo. Todo material ficará sob minha guarda por um período mínimo de cinco anos. Para condução da entrevista é necessário o seu consentimento para utilização de um gravador, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

() Permito a utilização de gravador durante a entrevista.

Escola de Engenharia Civil e Ambiental.
Av. Universitária, quadra 86 Lote Área 1488 Goiânia/GO Tel (62) 3209-6084



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Escola de Engenharia Civil e Ambiental



() Não permito a utilização de gravador durante a entrevista.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições. Pode haver necessidade de utilizarmos sua voz em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

() Autorizo o uso de minha voz em publicações.
() Não autorizo o uso de minha voz em publicações.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua opinião em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

() Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.
() Não Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua imagem em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

() Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.
() Não Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade de dados coletados em pesquisas futuras, desde que seja feita nova avaliação pelo CEP/UFG. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

() Permito a utilizar esses dados para pesquisas futuras.
() Não Permito a utilizar esses dados para pesquisas futuras.

Declaro que os resultados da pesquisa serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não.

1.2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu,, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado **“ESTRATÉGIAS PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DO ENSINO NA ENGENHARIA CIVIL: IMPLEMENTAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS EM DISCIPLINAS DO EIXO DE ESTRUTURA”**. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação

Escola de Engenharia Civil e Ambiental.
Av. Universitária, quadra 86 Lote Área 1488 Goiânia/GO Tel (62) 3209-6084



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Escola de Engenharia Civil e Ambiental



nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora responsável **Tairine Roquete Alves Carneiro** sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de



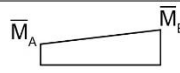
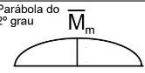
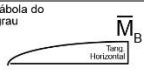
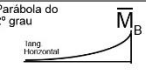
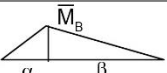
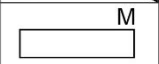
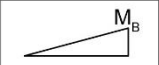
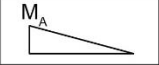


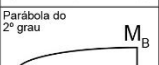
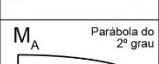
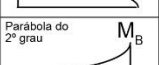


Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

Escola de Engenharia Civil e Ambiental.
Av. Universitária, quadra 86 Lote Área 1488 Goiânia/GO Tel (62) 3209-6084

ANEXO A – TABELA DE KURT BEYER

VALORES DAS INTEGRAIS $\int \bar{M} dx$ PARA RETAS DE COMPRIMENTO L E INÉRCIA CONSTANTE $L_i' = L_i \frac{EiC}{Ei}$

M							
	$L' M \bar{M}$	$\frac{1}{2} L' M \bar{M}_B$	$\frac{1}{2} L' M (\bar{M}_A + \bar{M}_B)$	$\frac{2}{3} L' M \bar{M}_m$	$\frac{2}{3} L' M \bar{M}_B$	$\frac{1}{3} L' M \bar{M}_B$	$\frac{1}{2} L' M \bar{M}$
	$\frac{1}{2} L' M_B \bar{M}$	$\frac{1}{3} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' M_B (\bar{M}_A + 2 \bar{M}_B)$	$\frac{1}{3} L' M_B \bar{M}_m$	$\frac{5}{12} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{4} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' (1 + \alpha/L) M_B \bar{M}$
	$\frac{1}{2} L' M_A \bar{M}$	$\frac{1}{6} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' M_A (2 \bar{M}_A + \bar{M}_B)$	$\frac{1}{3} L' M_A \bar{M}_m$	$\frac{1}{4} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' (1 + \beta/L) M_A \bar{M}$
	$\frac{1}{2} L' (M_A + M_B) \bar{M}$	$\frac{1}{6} L' (M_A + 2M_B) \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' [M_A(2M_A + M_B) + M_B(2M_B + M_A)]$	$\frac{1}{3} L' (M_A + M_B) \bar{M}_m$	$\frac{1}{12} L' (3M_A + 5M_B) \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' (M_A + 3M_B) \bar{M}_B$	$\frac{1}{6} L' \bar{M} [M_A(1 + \beta/L) + M_B(1 + \alpha/L)]$
	$\frac{2}{3} L' M_m \bar{M}$	$\frac{1}{3} L' M_m \bar{M}_B$	$\frac{1}{3} L' M_m (\bar{M}_A + \bar{M}_B)$	$\frac{8}{15} L' M_m \bar{M}_m$	$\frac{7}{15} L' M_m \bar{M}_B$	$\frac{1}{5} L' M_m \bar{M}_B$	$\frac{1}{3} L' (1 + \alpha\beta/L^2) M_m \bar{M}$
	$\frac{2}{3} L' M_B \bar{M}$	$\frac{5}{12} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' M_B (3\bar{M}_A + 5\bar{M}_B)$	$\frac{7}{15} L' M_B \bar{M}_m$	$\frac{8}{15} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{3}{10} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' [5 - \beta/L - (\beta/L)^2] M_B \bar{M}$
	$\frac{2}{3} L' M_A \bar{M}$	$\frac{1}{4} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' M_A (5\bar{M}_A + 3\bar{M}_B)$	$\frac{7}{15} L' M_A \bar{M}_m$	$\frac{11}{30} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{2}{15} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' [5 - \alpha/L - (\alpha/L)^2] M_A \bar{M}$
	$\frac{1}{3} L' M_B \bar{M}$	$\frac{1}{4} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' M_B (\bar{M}_A + 3\bar{M}_B)$	$\frac{1}{5} L' M_B \bar{M}_m$	$\frac{3}{10} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{5} L' M_B \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' [1 - \alpha/L - (\alpha/L)^2] M_B \bar{M}$
	$\frac{1}{3} L' M_A \bar{M}$	$\frac{1}{12} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' M_A (3\bar{M}_A + \bar{M}_B)$	$\frac{1}{5} L' M_A \bar{M}_m$	$\frac{2}{15} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{30} L' M_A \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' [1 - \beta/L - (\beta/L)^2] M_A \bar{M}$
	$\frac{1}{2} L' M \bar{M}$	$\frac{1}{6} L' (1 + \alpha/L) \bar{M}_B M$	$\frac{1}{6} L' M [(1 + \beta/L) \bar{M}_A + (1 + \alpha/L) \bar{M}_B]$	$\frac{1}{3} L' (1 + \alpha\beta/L^2) M \bar{M}_m$	$\frac{1}{12} L' [5 - \beta/L - (\beta/L)^2] M \bar{M}_B$	$\frac{1}{12} L' [5 - \alpha/L - (\alpha/L)^2] M \bar{M}_B$	$\frac{1}{3} L' M \bar{M}$