



APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO (ABPj) PARA DESENVOLVER HABILIDADES E COMPETÊNCIAS EM ANÁLISE ESTRUTURAL NA ENGENHARIA CIVIL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5024

Autores: JOAO CARLOS CORDEIRO BARBIRATO, WYDEM LUCAS ELIAS DOS SANTOS

Resumo: *Métodos de ensino tradicionais frequentemente atribuem aos alunos o papel de meros receptores de informações, falhando em estabelecer uma conexão clara entre conceitos teóricos e sua aplicação prática. Isso pode levar à desmotivação dos estudantes e à falta de compreensão da relevância do conhecimento adquirido para o seu desenvolvimento profissional. Este artigo apresenta a implementação da metodologia ativa conhecida como Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL, do inglês Project-Based Learning) no curso de Teoria das Estruturas 2 do programa de Engenharia Civil do CTEC/UFAL, com foco na concepção de estruturas reais como o problema central. Através do ABPj, foram facilitadas discussões significativas entre professores, alunos e monitores, explorando o processo prático de construção de modelos estruturais teóricos a partir de estruturas reais. Essa abordagem proporcionou uma sólida ligação entre a teoria estudada em sala de aula e a prática da engenharia estrutural, promovendo uma compreensão mais profunda e maior motivação entre os alunos em relação ao curso.*

Palavras-chave: *Análise de Estruturas de Edifícios; Aprendizagem Baseada em Projetos; Processos de Ensino e Aprendizagem.*

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO (ABPj) PARA DESENVOLVER HABILIDADES E COMPETÊNCIAS EM ANÁLISE ESTRUTURAL NA ENGENHARIA CIVIL

1 INTRODUÇÃO

Durante a graduação, os estudantes absorvem conhecimentos científicos e empíricos por meio de bibliografia, aulas e outras ferramentas educacionais. Embora sejam desafiados a resolver problemas teóricos, muitas vezes lutam para conectar a teoria à prática, o que pode desmotivá-los (Teixeira; Addum, 2020) e levá-los a questionar a aplicabilidade de seu aprendizado em situações reais.

Embora tentativas sejam feitas para unir teoria e prática, ao propor problemas que se aproximam de situações reais, essa aproximação muitas vezes não é suficiente quando abordada com os métodos tradicionais de ensino (Caritá *et al.*, 2019). Na metodologia tradicional, o conhecimento teórico é transmitido ao aluno por meio de aulas expositivas, sem que eles participem ativamente da construção do conhecimento, nem haja necessariamente a preocupação em contextualizá-lo com peculiaridades práticas e reais (Abreu, 2009). Isso incentiva técnicas de memorização, nas quais o aluno memoriza informações sem entender necessariamente os conceitos envolvidos (Casale; Kuri; Silva, 2011).

Nesse sentido, as metodologias ativas podem ser implementadas na sala de aula, onde o aluno é o centro do processo de ensino-aprendizagem. Esse método parte do problema, com os alunos assumindo o papel de solucionadores e o professor atuando como facilitador desse processo (Abreu, 2009). Uma dessas metodologias ativas, conhecida como Aprendizagem Baseada em Projeto ou Problema (ABP), amplamente adotada em diversos cursos no Brasil (Casale; Kuri; Silva, 2011), emerge como uma alternativa para integrar o conteúdo teórico à sua aplicação prática. A ABP, em resumo, é um modelo de ensino no qual o aluno confronta problemas do mundo real e age de forma cooperativa para encontrar sua solução (Bender, 2015).

Nesse contexto, o envolvimento de monitores pode potencializar os benefícios da ABP, já que a monitoria é uma atividade que visa aprimorar o ensino, estabelecendo práticas pedagógicas que fortalecem a conexão entre teoria e prática (Vicenzi *et al.*, 2016).

Este trabalho apresenta a implementação da ABPj, juntamente com o envolvimento do monitor, na disciplina Teoria das Estruturas 2 do curso de Engenharia Civil/CTEC/UFAL. Nesta disciplina, é abordada a análise estrutural de estruturas hiperestáticas por meio dos métodos clássicos (método das forças e método dos deslocamentos), bem como a exposição de métodos numéricos com o mesmo fim (PPC de Engenharia Civil, 2006), visando aprimorar a integração entre a teoria em sala de aula e sua aplicação prática no contexto da análise estrutural.

2 METODOLOGIA

Na disciplina de Teoria das Estruturas 2, o foco reside na análise de estruturas hiperestáticas. Para promover uma abordagem mais prática e significativa, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é implementada com um projeto (ABPj) que integra diretamente a análise estrutural. Em contraste com a metodologia tradicional, onde os alunos lidam principalmente com modelos teóricos desconectados da realidade, na ABPj,

os alunos são envolvidos na criação de modelos estruturais a partir da observação de estruturas reais, no ambiente de estudo do Centro de Tecnologia.

A implementação da ABPj segue um roteiro específico:

- I. **Formação de grupos:** Os alunos são divididos em equipes de até 6 membros para trabalharem colaborativamente ao longo do projeto;
- II. **Seleção da estrutura:** Os grupos escolhem uma estrutura real, já construída ou em projeto, para análise. Essa seleção é realizada em conjunto com a orientação do professor, alunos e monitor;
- III. **Desenvolvimento do modelo teórico:** A partir da estrutura selecionada, os alunos concebem um modelo teórico que represente suas características físicas e matemáticas. Este processo ocorre com o apoio de sessões de assessoramento em sala de aula (tanto pelo professor quanto pelo monitor);
- IV. **Análise estrutural:** Com o modelo teórico em mãos, os alunos procedem com a análise estrutural, utilizando os conceitos de hiperestaticidade estudados na disciplina. Tanto métodos clássicos (cálculos manuais) quanto *softwares* de análise estrutural (por exemplo, Ftool) são empregados nesta etapa;
- V. **Avaliação dos resultados:** Após a análise, os resultados são discutidos em sala de aula, tanto os obtidos manualmente quanto os gerados pelos *softwares*. A avaliação das tarefas é realizada com base em rubricas previamente discutidas entre professor e alunos, permitindo aos alunos avaliarem seus colegas de forma colaborativa.

Além disso, é importante ressaltar que a ABPj não apenas fortalece a compreensão teórica dos alunos, mas também desenvolve habilidades práticas e competências, como trabalho em equipe, resolução de problemas complexos e comunicação eficaz, fundamentais para sua formação profissional.

3 PROJETOS: EXECUÇÃO, DISCUSSÃO E RESULTADOS

O roteiro da ABPj, apresentado na seção anterior, é conduzido de tal forma que as etapas possam ser acompanhadas pelo professor e monitor, mas que o principal agente construtor da solução seja o aluno, desde a escolha da estrutura até a análise dos resultados. Visando isso, todas as etapas, a partir da escolha da estrutura, são também desenvolvidas em sala de aula em sessões de assessoramento. Nas aulas de assessoramento, os grupos se reuniram no espaço da sala de aula para desenvolver as etapas do projeto. Essas aulas foram os momentos de maior construção e integração entre conhecimento teórico e prático, representaram a principal diferença entre a metodologia tradicional e a ativa: os alunos estavam ativamente contribuindo para construção da solução e conhecimento.

A escolha da estrutura a ser trabalhada é feita com cautela, considerando as limitações do conhecimento teórico dos alunos e o novo conhecimento adquirido com a disciplina. Nesta etapa, é essencial a avaliação do professor sobre a proposta de estrutura a se analisar, garantindo que possa ser modelada e analisada com base no entendimento atual dos alunos, sem necessidade de simplificações excessivas que comprometam a precisão dos resultados. Esses aspectos são discutidos para proporcionar aos alunos uma compreensão ampla de como desenvolver um modelo estrutural que forneça resultados confiáveis.

A etapa 3 do projeto pode ser vista como ponto forte para integração entre teoria e prática, com ela foi possível simular para os alunos, situações reais de projeto estrutural, nas quais o “engenheirando” é responsável por traduzir o comportamento real da estrutura em um modelo teórico matemático, no qual são realizados os procedimentos de análise estrutural, por meio de cálculos matemáticos apresentados pela disciplina cujos fundamentos vêm sendo construídos ao longo da graduação através de diversas outras disciplinas, cálculos estes que são necessários para a devida análise estrutural, dessa forma juntando os conhecimentos adquiridos desde o início do curso, principalmente relativos à matemática, à física e à informática.

Além de enfatizar a integração entre teoria e prática na execução dos projetos, pode-se destacar a importância da colaboração e da comunicação entre os membros do grupo durante o processo. Durante as aulas de assessoramento, os alunos não apenas aplicaram seus conhecimentos teóricos, mas também aprenderam a trabalhar em equipe, compartilhando ideias, resolvendo desafios e tomando decisões conjuntas. Além disso, é fundamental ressaltar o papel do professor e do monitor como facilitadores desse processo. Eles não apenas orientaram os alunos, mas também estimularam o pensamento crítico, fornecendo *feedback* construtivo e guiando-os na resolução de problemas complexos.

Outro ponto importante a ser adicionado é a ênfase na aprendizagem ativa e na autonomia do aluno. Ao assumir a responsabilidade pelo desenvolvimento do projeto desde o início até a conclusão, os alunos se tornaram protagonistas de sua própria educação, desenvolvendo habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e tomada de decisões que são essenciais para sua futura carreira profissional.

Por fim, pode-se destacar a relevância da ABPj não apenas como uma ferramenta para o aprendizado da teoria das estruturas, mas também como uma oportunidade para os alunos aplicarem seus conhecimentos em um contexto prático e realista, preparando-os para os desafios do mercado de trabalho e incentivando-os a se tornarem engenheiros mais completos e competentes. A seguir, serão trazidos dois exemplos que foram trabalhados na metodologia com os alunos.

3.1 Projeto 1: Com uma estrutura real construída

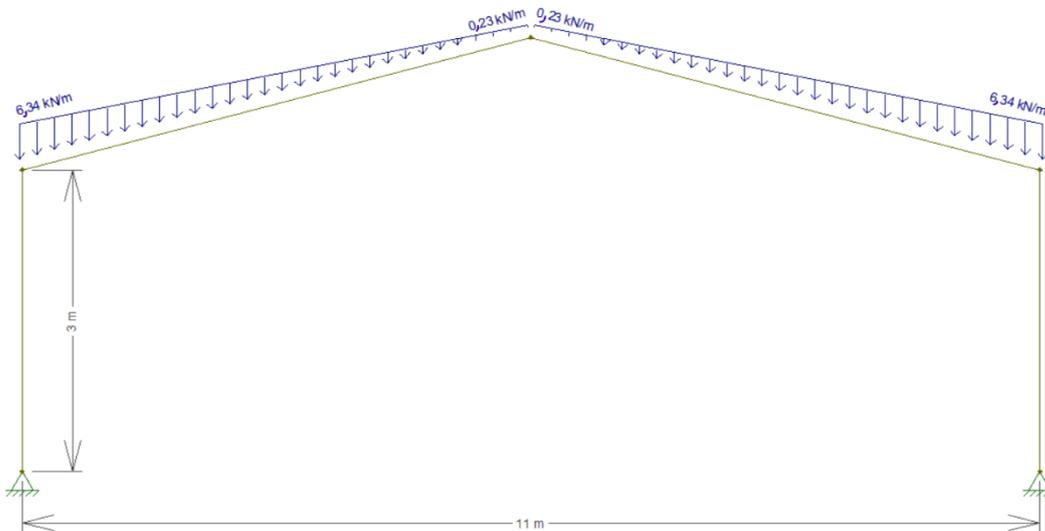
A Figura 1 traz um dos pórticos trabalhados na aplicação do método explicitado na seção anterior. Nela, pode-se ver o pórtico real escolhido pelos alunos da turma, dentre as estruturas do CTEC/UFAL, e a Figura 2 traz o modelo desse pórtico modelado no *software* Ftool, ferramenta gráfica computacional para modelagem estrutural, cuja principal função é ajudar alunos a aprender o comportamento estrutural de pórticos planos (Kaefer; Martha; Bittencourt, 2000).

Figura 1: Pórtico real utilizado na metodologia (destacado com a linha vermelha tracejada)



Fonte: Autores

Figura 2: Modelo do pórtico real da Figura 1 modelado no software Ftool



Fonte: Autores

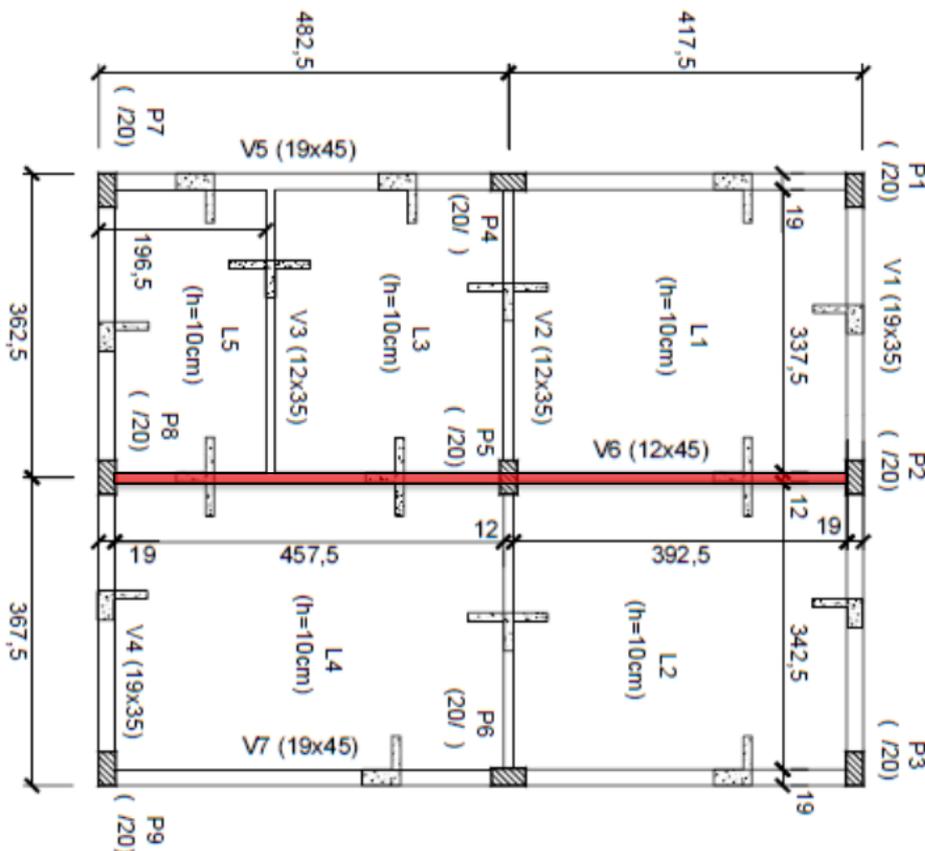
Com esse projeto da Figura 1, por se tratar de uma estrutura construída, aos alunos é atribuída a responsabilidade de realizar o levantamento das medidas no local. Isso cria a oportunidade de, durante o levantamento, discutir alguns aspectos do pórtico que não ficam claros ou visíveis no modelo teórico, como por exemplo a presença de enrijecedores no encontro entre os pilares (elementos verticais) e as vigas (elementos inclinados) e a presença da chapa metálica circular no encontro das vigas, responsável pela ligação delas. Interessante ressaltar, que a disciplina Teoria das Estruturas 2 tem sua ministração no mesmo semestre das disciplinas Estruturas de Concreto Armado 1 e Estruturas de Aço, o que possibilita a integração dos conhecimentos compartilhados.

Como pode-se ver na Figura 2, esses elementos não são representados no modelo, mas estão presentes na estrutura e possuem uma razão de existirem, esse contato com a estrutura construída traz a oportunidade de discutir melhor esses aspectos práticos e relevantes que só a teoria não consegue trazer. Além disso, o aluno tem a oportunidade de ver a estrutura real e seu modelo teórico, o qual ele mesmo foi responsável por construir, melhorando sua compreensão do que realmente se trata um modelo estrutural e como ele representa a estrutura real bem como suas limitações.

3.2 Projeto 2: Com uma estrutura em planta

A Figura 3 traz uma estrutura em planta também trabalhada com a metodologia explicitada na seção 2. Nesse exemplo, a estrutura a ser utilizada para o projeto foi escolhida a partir de um projeto de fôrmas de uma estrutura de concreto armado. Com esse tipo de situação, os alunos são postos para interpretar a estrutura a partir do projeto, situação essa que representa uma atividade bastante comum para um engenheiro estrutural, afinal, a estrutura deve ser representada por meio de projetos antes de serem construídas. Portanto, é essencial que o engenheiro saiba interpretar e até mesmo elaborar projetos estruturais, principalmente ao fazer as ligações entre os conteúdos das disciplinas do curso.

Figura 3: Planta estrutural da qual se extraiu a viga V6 (destacada em vermelho) para análise estrutural

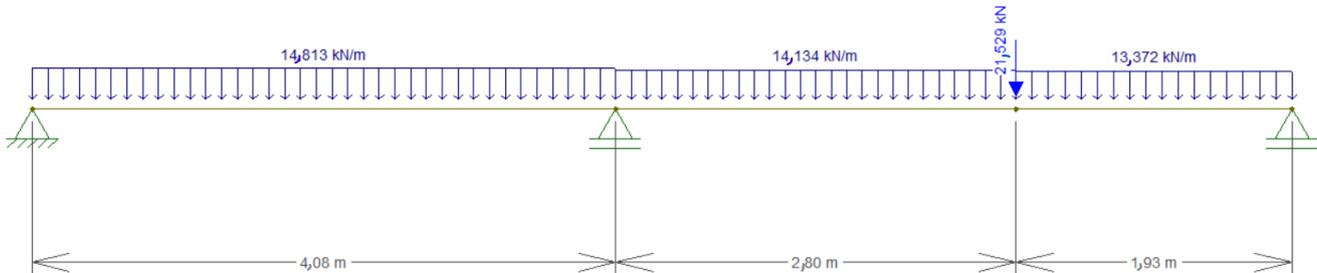


Fonte: Giongo, 1996 (adaptada)

O elemento estrutural escolhido para ser modelado e analisado foi a viga V6, que está destacada em vermelho na Figura 3. Nesse exemplo, a priori, os alunos deveriam modelar e analisar a viga como viga contínua, isto é, considerando seus apoios articulados,

desconsiderando totalmente os efeitos de engaste elástico devido às ligações monolíticas da viga com os pilares. Em seguida os alunos tiveram que ler a norma NBR 6118/2023, no item 14.6.6, e verificar o que norma diz a respeito das correções necessárias quando se realiza esse tipo de simplificação, para então realizar tais correções. A Figura 4 mostra o modelo simplificado da viga V6.

Figura 4: Modelo de viga contínua da viga V6

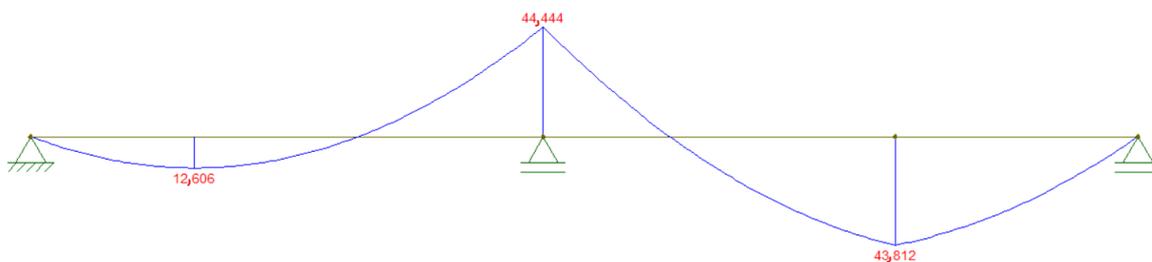


Fonte: Autores

Com a análise simplificada e as correções da norma, os alunos tiveram a oportunidade de ter contato com a norma técnica, além de entender efeitos importantes nos resultados das análises estruturais causados por mudanças nas condições de contorno, no caso específico, mudança no tipo de apoio. Além de compreender melhor como a escolha do apoio deve ser feita a fim de tentar reproduzir as condições de contorno reais da estrutura, que podem ser modificadas com o tipo de ligações entre elementos estruturais. Dessa forma contribuindo para a compreensão mais aprofundada dos alunos quanto a construção do modelo estrutural em busca de um modelo que melhor descreva o real comportamento da estrutura.

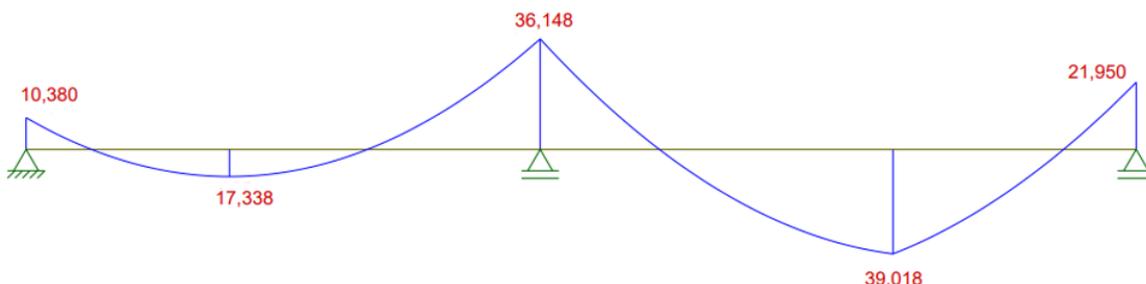
A Figura 5 traz o diagrama de momento fletor obtido com o modelo de viga contínua e a Figura 6 traz o mesmo diagrama, porém com as correções propostas pela NBR 6118/2023, com a comparação desses dois diagramas, discutiu-se em sala com os alunos a diferença nos esforços que a viga sofre, quando considerado, por meio da correção da norma, os efeitos das ligações pilar-viga.

Figura 5: Diagrama de momento fletor da viga V6 simplificada (kN.m)



Fonte: Autores

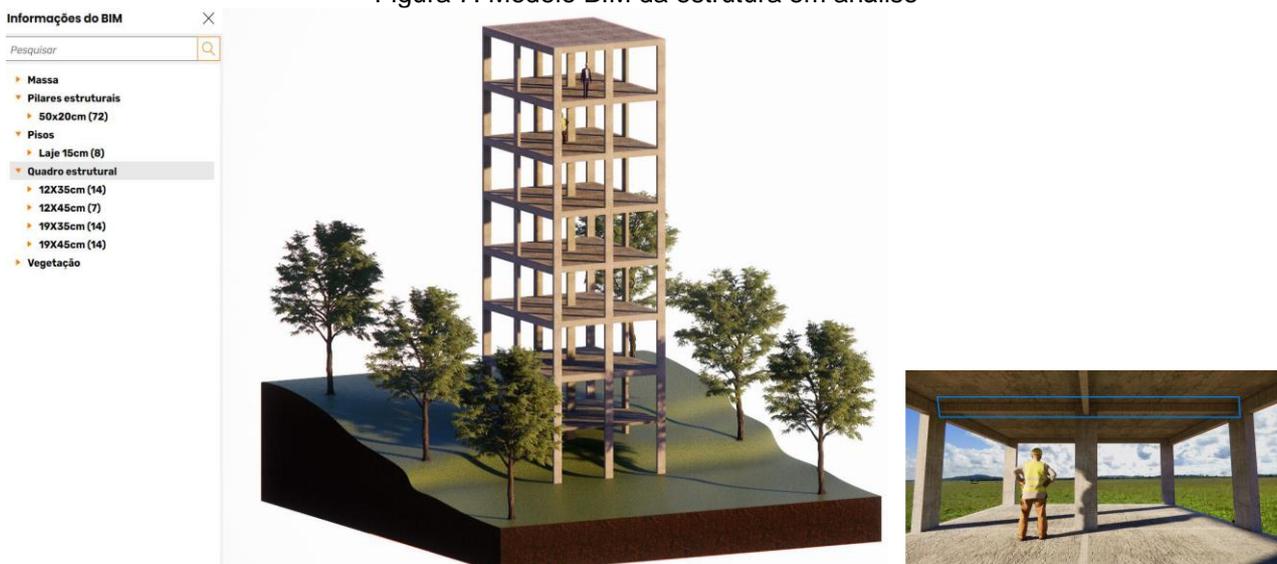
Figura 6: Diagrama de momento fletor da viga V6 com as correções propostas pela NBR 6118 (kN.m)



Fonte: Autores

Uma das equipes, que continha alunos que fizeram aulas eletivas do emprego do BIM na Engenharia Civil, resolveu colocar o projeto no ambiente BIM. Era esse o objetivo maior da adoção do aprendizado ativo, que os alunos pudessem agregar suas ideias, suas habilidades, principalmente, aquelas adquiridas ao longo do curso, para enriquecer a resolução do projeto em desenvolvimento. Na Figura 7 são apresentados os desenhos do projeto no BIM, que teve seu modo dinâmico disponível em *link* fornecido pelo grupo de alunos, com mais dados interessantes sobre a edificação em desenvolvimento.

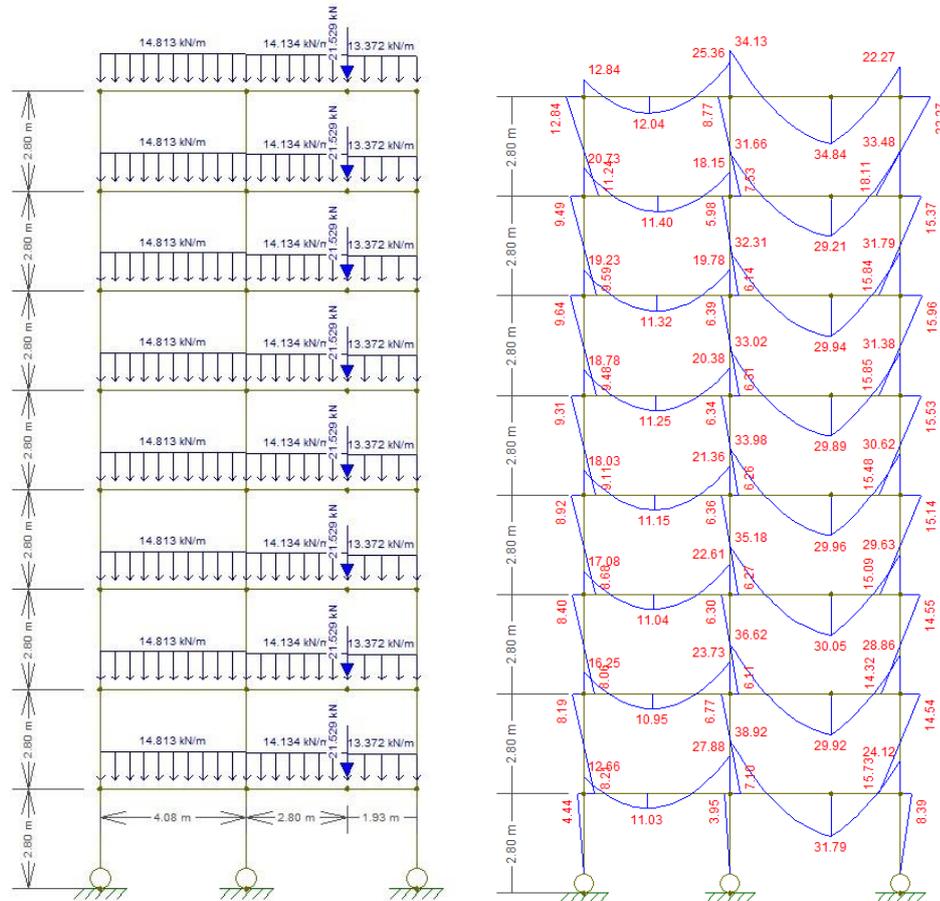
Figura 7: Modelo BIM da estrutura em análise



Fonte: Autores

Uma terceira tarefa, ainda, foi oferecida no desenvolvimento do projeto: a de entender a viga contínua como um elemento horizontal de um pórtico plano de uma edificação de múltiplos pavimentos. Para esse caso, solicitou-se a modelagem no FTool e a “resenha” dos diagramas dos esforços internos solicitantes. Em especial, retirou-se o elemento horizontal com seus diagramas para a devida comparação aos obtidos para a viga contínua analisada nos itens anteriores. Na Figura 8 pode-se ver o modelo do pórtico plano e seu diagrama de momentos fletores obtidos no FTool.

Figura 8: Modelo em pórtico plano (uso do FTool).



Fonte: Autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os projetos desenvolvidos permitem uma abordagem interdisciplinar, integrando conceitos e habilidades de diversas áreas da engenharia civil. Além disso, eles são aplicados, o que significa que os alunos têm a oportunidade de aplicar diretamente o que aprenderam em sala de aula a situações práticas e reais, preparando-os para os desafios do mundo profissional.

A execução dos projetos não se limita apenas à aplicação de conhecimentos teóricos, mas também envolve o desenvolvimento de habilidades profissionais essenciais, como trabalho em equipe, comunicação eficaz, resolução de problemas e tomada de decisões. Essas competências são fundamentais para o sucesso na carreira de engenharia.

Os projetos oferecem espaço para a criatividade e inovação dos alunos. Eles são encorajados a pensar fora da caixa, buscar soluções originais e explorar novas tecnologias e metodologias, como a integração do BIM (*Building Information Modeling*) em um dos projetos mencionados.

A abordagem adotada promove o aprendizado ativo, no qual os alunos assumem um papel ativo em sua própria educação. Eles não são apenas receptores passivos de informações, mas sim participantes ativos do processo de aprendizagem, o que aumenta significativamente o engajamento e a motivação dos alunos.

Ao trabalhar em projetos que envolvem estruturas reais e situações do mundo real, os alunos estão se preparando de forma abrangente para a prática profissional. Eles

desenvolvem uma compreensão mais profunda dos desafios e complexidades enfrentados pelos engenheiros civis no dia a dia, o que os torna mais bem preparados para enfrentar esses desafios quando ingressarem no mercado de trabalho.

Por fim a ABP junto com o auxílio do monitor, mostrou-se uma ferramenta muito poderosa, pois ao mesmo tempo que atuou construindo a ponte entre teoria, prática e problema real para os alunos e monitor, contribuiu para auxiliar o professor a reduzir a desmotivação dos alunos com o objeto de estudo da disciplina, devido a não visualização de aplicação prática do conhecimento estudado.

REFERÊNCIAS

ABREU, José Ricardo Pinto de. **Contexto atual do ensino médico**: metodologias tradicionais e ativas: necessidades pedagógicas dos professores e da estrutura das escolas. 2009. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18510>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso Editora, 2015.

CENTRO DE TECNOLOGIA. **Projeto político pedagógico do curso de graduação em engenharia civil**. Maceió, 2006.

CARITÁ, Edilson Carlos *et al.* 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.

CASALE, Adriana; KURI, Nídia P.; DA SILVA, Antônio NR. Mapas cognitivos na avaliação da Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 24, n. 2, p. 243-263, 2011.

GIONGO, José Samuel. **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. EESC-USP, São Carlos, 1996.

KAEFER, Luís Fernando; MARTHA, Luiz Fernando; BITTENCOURT, Túlio Nogueira. Ftool: Ensino do comportamento das estruturas de concreto armado sob não-linearidade física e geométrica. In: IV Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, 2000, São Paulo, SP, 2000, **Anais**. Sao Paulo. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/6c0553f0-a811-4c35-84da-b380f656ed22/Bittencourt-2000-Ftool.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

TEIXEIRA, Renilson Luiz; ADDUM, Felipe Moraes. **Aprendizagem baseada em projetos: na prática de projetos e de protótipos de estruturas de concreto armado**. 2020.

VICENZI, C. B. et al. A monitoria e seu papel no desenvolvimento da formação acadêmica. **Revista Ciência em Extensão**. v.12, n.3, p.88-94, 2016.

PROJECT-BASED LEARNING (PjBL) TO DEVELOP SKILLS AND COMPETENCIES IN STRUCTURAL ANALYSIS IN CIVIL ENGINEERING

Abstract: *Traditional teaching methods often assign students the role of mere receivers of information, failing to establish a clear connection between theoretical concepts and their practical application. This can lead to student demotivation and a lack of understanding of the relevance of the acquired knowledge to their professional development. This paper presents the implementation of the active methodology known as Project-Based Learning (PBL) in the Theory of Structures 2 course of the Civil Engineering program at CTEC/UFAL, focusing on the conception of real structures as the central problem. Through PBL, meaningful discussions were facilitated among teachers, students, and monitors, exploring the practical process of constructing theoretical structural models from real structures. This approach provided a solid bridge between theory studied in the classroom and the practice of structural engineering, promoting deeper understanding and greater motivation among students towards the course.*

Keywords: *Analysing Building Structures; Project Based Learning; Teaching and Learning Processes.*

