

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA NA ENGENHARIA CIVIL: PROPOSTA DE ATIVIDADE APLICADA NA DISCIPLINA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4628

JOSÉ MAURICELIO SANTANA DA SILVA - jmss7@aluno.ifal.edu.br
INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

Brennda Tenório de Holanda Santos - bths1@aluno.ifal.edu.br
Instituto Federal de Alagoas

Brenno Ferreira Cavalcante - bfc1@aluno.ifal.edu.br
Instituto Federal de Alagoas

JULIANA LIRA BRITO - julianaifal@hotmail.com
Instituto Federal de Alagoas

ELIEDSON RAFAEL DE CARVALHO - eliedson.carvalho@ifal.edu.br
Instituto Federal de Alagoas

Resumo: *Dentre as diversas metodologias aplicadas ao ensino de engenharia, a Aprendizagem Baseada em Problemas - ABP surge como forma de estimular o estudante a solucionar problemas reais através aplicando os conhecimentos teóricos apresentados em sala. O presente artigo teve como objetivo apresentar os resultados obtidos da atividade realizada na disciplina de Teoria das Estruturas II, do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas - IFAL. A estratégia metodológica adotada para a atividade foi a Aprendizagem Baseada em Problema, que foi dividida em cinco etapas: delimitação da situação problema, escolha da estrutura real, construção do modelo teórico, análise estrutural (Métodos da Força, Método dos Deslocamentos, Processo de Cross e FTool) e avaliação dos resultados. O objetivo principal era analisar uma estrutura real, considerando seus elementos, peso próprio e dimensões. Os estudantes foram responsáveis por modelar a estrutura escolhida, criando uma representação com os componentes existentes. Para determinar as reações de apoio do modelo estrutural, eles aplicaram conceitos de cálculo estrutural aprendidos na disciplina utilizando três métodos diferentes: Método das Forças, Método dos Deslocamentos e Processo de Cross. Em seguida, o mesmo modelo foi analisado no software Ftool, utilizado para*

"ABENGE 50 ANOS: DESAFIOS DE ENSINO, PESQUISA E
EXTENSÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA"

18 a 20 de setembro
Rio de Janeiro-RJ



51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia

análise estrutural, a fim de fazer comparações dos valores. Os resultados obtidos por meio da ABP foram satisfatórios, pois os alunos conseguiram resolver o problema proposto, aplicando os conceitos estudados em sala. Assim, foi possível analisar a estrutura real, realizar os cálculos necessários e comparar os resultados com o software. Por fim, o desenvolvimento da atividade demonstrou resultados satisfatórios no que diz respeito à compreensão e aplicação do objeto de estudo.

Palavras-chave: *Aprendizagem Baseada em Problema. Engenharia Civil. Metodologia de ensino. Teoria das Estruturas.*

Realização:



Organização:



APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA NA ENGENHARIA CIVIL: PROPOSTA DE ATIVIDADE APLICADA NA DISCIPLINA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS

1 INTRODUÇÃO

Durante a formação, estudantes de engenharia civil devem desenvolver habilidades de aplicação prática. No entanto, muitas vezes, o método tradicional de ensino acaba permanecendo apenas no campo teórico. Além disso, segundo Feitosa (2020) existe ainda a dificuldade que professores, ou até mesmo os livros, apresentam ao propor atividades de forma mais prática, contextualizada com a realidade vivida no campo profissional.

Desse modo, a engenharia é uma das áreas que mais necessita de integração do conhecimento teórico e prático, levando em consideração tanto a complexidade lógica e matemática envolvida em seus conteúdos, quanto o fato de ser uma ciência dedicada a transformar conhecimento em solução (BRESSANE *et al.*, 2017; HENTGES, DURANTE, FANTIN, 2021).

Dentre as diversas metodologias aplicadas ao ensino de engenharia, a Aprendizagem Baseada em Problemas - ABP surge como forma de estimular o estudante a solucionar problemas reais através da aplicação dos conhecimentos teóricos apresentados em sala. Para Ponciano, Gomes e Moraes (2016), a ABP trabalha com casos práticos relacionados à profissão do estudante que podem ser extraídos da sua realidade ou elaborados pelo tutor ou professor. Os mesmos autores afirmam que o objetivo principal dessa abordagem é desenvolver as múltiplas habilidades do aprendiz, por meio do equilíbrio entre a teoria e prática.

Através da ABP, é possível aumentar a motivação do estudante com casos práticos que o farão: conhecer melhor sua possível área de atuação; estimular sua criatividade com diferentes possibilidades de solução e autonomia para buscá-las; desenvolver o raciocínio crítico; aprimorar habilidades de autoaprendizagem; favorecer o trabalho colaborativo por meio das dinâmicas de grupo; e tornar o aprendizado eficiente (PONCIANO, GOMES, MORAIS, 2016).

No curso de engenharia civil, Carvalho *et al.* (2020) relatam que a ABP surge como uma forte aliada no processo de ensino das disciplinas, pois permite ao acadêmico agregar conhecimento e desenvolver habilidades através da busca por solução de problemas baseados em situações que os aproximam da prática profissional.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos através da aplicação de atividade fundamentada na metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Problema na disciplina de Teoria das Estruturas II do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas – IFAL – *Campus* Palmeira dos Índios.

2 METODOLOGIA

Com o intuito de descrever e apresentar os resultados da Atividade fundamentada em ABP realizada na disciplina do Teoria das Estruturas II do Instituto Federal de Alagoas – IFAL – *Campus* Palmeira dos Índios, este artigo tem enfoque descritivo e quantitativo. De maneira geral, os procedimentos metodológicos adotados na Atividade de ABP podem ser divididos em cinco etapas: delimitação da situação problema, escolha da estrutura real, construção do modelo teórico, análise estrutural (Métodos da Força, Método dos Deslocamentos, Processo de Cross e FTool) e avaliação dos resultados.

2.1 Determinação da situação problema

A situação problema proposta foi a escolha de uma estrutura em pórtico por parte dos estudantes, considerando-o como sendo o modelo estrutural a ser analisado. Os efeitos de carregamento foram estipulados para que fosse possível determinar a comparação dos métodos com o software empregado.

Tanto as proporções das medidas, como de cargas distribuídas no pórtico foram determinadas pelos estudantes e inspiradas na estrutura real de modo que os valores fossem os mais fieis possíveis. Essas informações foram necessárias para continuidade da elaboração da proposta.

2.2 Escolha da Estrutura Real

O modelo estrutural adotado foi um dos portais de entrada da cidade de Bom Conselho, localizada no estado de Pernambuco. As medidas adotadas para o modelo foram 6,0 metros de distância entre os pilares e 5,0 metros de altura. Considerou-se ainda pilares no interior das paredes e vigas na base do telhado, ambos elementos com as dimensões das seções transversais retangulares de 0,2 x 0,4 metros. A Figura 1 traz a vista frontal do pórtico escolhido.

Figura 1 - Vista frontal do pórtico



Fonte: Autores, 2022.

2.3 Construção do Modelo teórico

A fim de minimizar os cálculos, a carga do telhado depositada nas vigas foi substituída de carga triangular por uma carga distribuída. Para determinar todas as cargas externas atuantes, considerou-se primeiro que a tesoura do telhado apresentava as dimensões da Tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões atribuídas da meia tesoura do pórtico

Comprimento (m)	Altura (m)	Hipotenusa (m)
6	2,5	6,5

Fonte: Autores, 2022.

A princípio, foi necessário determinar o carregamento de cada elemento do pórtico, levando em consideração o peso próprio destes segundo as informações da NBR 6120 (ABNT, 2019). De modo geral, as cargas foram determinadas utilizando a Equação 1.

$$Q = \gamma \cdot (\text{Volume}) \quad (1)$$

Na qual: γ – é o peso específico dos materiais ou elementos coletados na NBR 6120 (ABNT, 2019);
 V – é o volume do elemento.

Vale ressaltar que a depender da especificação do elemento, a Equação 1 pode sofrer pequenas variações para que o resultado obtido seja um carregamento distribuído ao longo do comprimento do elemento estrutural.

Segundo a NBR 6120 (ABNT, 2019), o peso específico do telhado é de $0,45 \text{ kN/m}^2$, resultando na carga do telhado de $2,7 \text{ kN/m}$. Para a tesoura de madeira, foi estabelecido um vão de 12 metros de comprimento, 2,5 metros de altura e 1 metro de largura da tesoura inteira. O peso específico aparente do revestimento de madeira, considerando ser do tipo cedro, é de 5 kN/m^3 (ABNT, 2019). Vale ressaltar que, para simplificação dos cálculos, a carga da tesoura de madeira foi considerada como retangular distribuída.

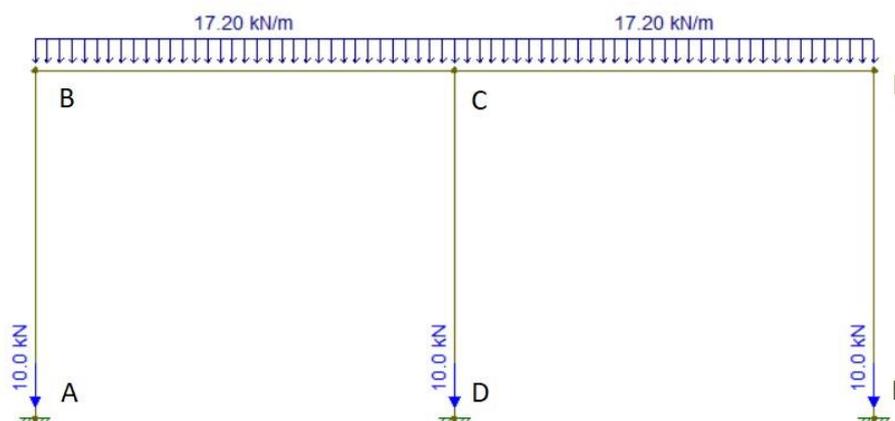
Já para determinar o carregamento da viga de concreto armado, foi estipulado uma seção retangular de $20 \times 40 \text{ cm}$, apresentando uma área de $0,08 \text{ m}^2$, e tem como peso específico aparente de 25 kN/m^3 .

Assim, foi encontrado o valor de $12,5 \text{ kN/m}$ da tesoura de madeira e 2 kN/m do peso próprio da viga de concreto. Logo, temos uma carga total de $17,2 \text{ kN/m}$.

No processo de determinação dos carregamentos também foi levado em consideração o peso próprio dos três pilares, de seção $20 \times 40 \text{ cm}$ - apresentando área de $0,08 \text{ m}^2$ - e 5 metros de altura. Dessa forma, a carga dos pilares encontrada foi de 10 kN . Esse valor se deve ao fato de os pilares serem tratados como cargas pontuais na análise estrutural, onde nesta análise, incide diretamente nas fundações.

Desse modo, o modelo teórico foi construído com o auxílio do software gratuito FTool e pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Modelo teórico – pórtico hiperestático simplificado



Fonte: Autores, 2022.

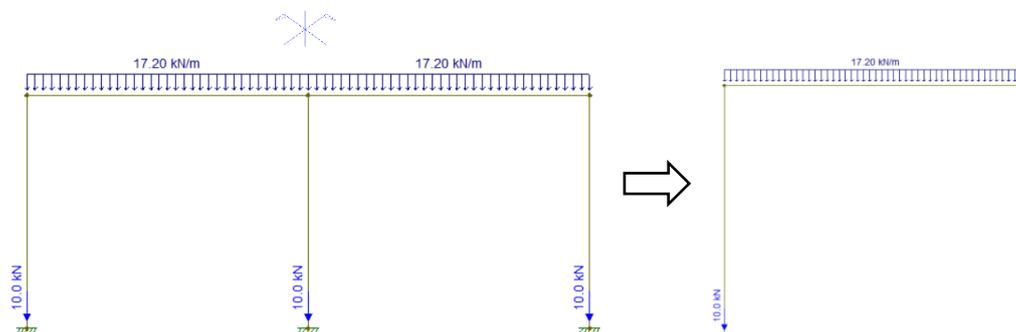
2.4 Análise Estrutural

A partir do modelo teórico, a atividade seguiu com a análise estrutural, que consistiu no cálculo das reações de apoio para estrutura hiperestática, por meio dos modelos abordados durante a disciplina: Método das Forças, Método dos Deslocamentos e Processo de Cross.

Para aplicar o Método das Forças, percebeu-se que a estrutura permite o uso do fator de simetria, logo torna possível a simplificação dos cálculos dividindo a estrutura em duas, e desenvolvendo apenas um dos lados. No caso deste pórtico, por conta da simetria na estrutura, é possível substituir o nó central por um engaste (Ponto C – Figura 3), obtendo-

se um modelo simplificado que apresenta resultados de reações de apoio iguais aos da estrutura original. A Figura 3 apresenta o modelo estrutural simplificado.

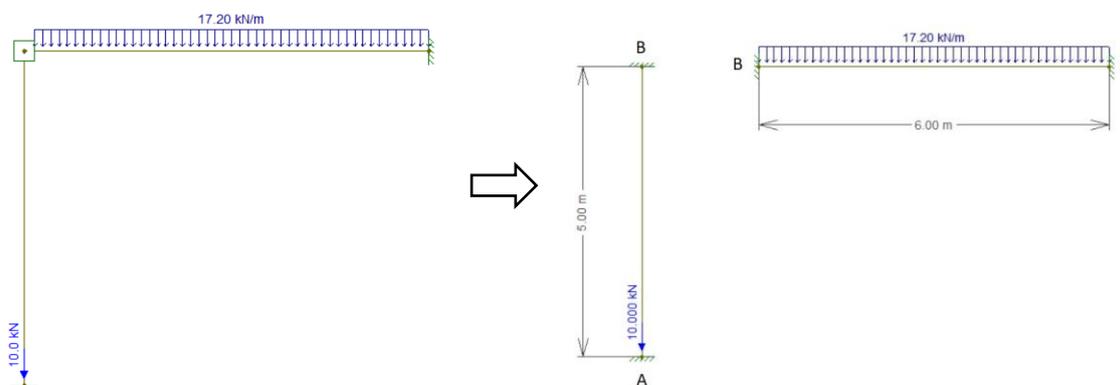
Figura 3 – Simplificação do modelo estrutural por simetria



Fonte: Autores, 2022.

Seguindo os passos descritos em Sussekind (1981), foi possível aplicar o conceito de simetria no Método dos Deslocamentos. A Figura 4 mostra o sistema hipergeométrico montado a partir do modelo simplificado com a chapa no ponto B, junção das duas barras, pilar e viga, que se encontram detalhadas à direita.

Figura 4 – Sistema hipergeométrico e as barras AB e BC



Fonte: Autores, 2022.

O Processo de Cross consiste de um método iterativo que visa equilibrar os momentos fletores nos nós principais da estrutura, principalmente aplicado para vigas e pórticos planos. Assim, foi utilizado o modelo simétrico, reduzindo o número de iterações e, em seguida, foi feita a distribuição dos momentos fletores e aplicado os procedimentos do Método de Cross. Dessa forma, foram obtidas as reações de momento nos engastes da estrutura.

Após a análise das reações de apoio da estrutura a partir dos métodos propostos, foi feita a análise da estrutura através do *software* Ftool.

2.5 Avaliação dos Resultados

A partir dos dados coletados, foram construídas tabelas com os resultados obtidos para as reações nos apoios em cada método. Além disso, realizou-se a análise comparativa entre os métodos e o resultado obtido pelo FTool, avaliando a eficiência destes.

Em termos da Atividade de ABP, os estudantes tinham como entrega final a elaboração de relatórios com os resultados obtidos, bem como momento para discussão, na qual, os estudantes expressaram suas perspectivas sobre a realização da atividade, sua

relevância no processo de ensino-aprendizagem e seu potencial para aplicação como instrumento metodológico dentro do contexto do curso de engenharia civil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a simetria da estrutura, foi adotado que os módulos das reações em cada um dos lados são iguais, no entanto, as reações horizontais e momentos possuem sentidos opostos. Após a análise das reações de apoio da estrutura a partir dos métodos propostos, foi feita a análise da estrutura através do *software* "Ftool", mostrados na Figura 12, 13, e 14 os esforços normais, cortantes e momentos atuantes na estrutura.

Vale destacar que as reações VA, HA e MA são a nomenclatura das reações de apoio do ponto A, de acordo com a Figura 2; VC e MC as reações de apoio do ponto C, e assim para os demais pontos do pórtico.

Através do Método das Forças, foi obtido os valores das reações de apoio mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Reações nos apoios da estrutura original obtidas através do método das forças

VA (kN)	HA (kN)	MA (kN*m)	MC (kN*m)	VC (kN*m)	HF (kN)	MF (kN*m)	VF (kN)
58,518	8,915	-15,91	63,067	54,682	-8,915	15,91	58,52

Fonte: Autores, 2022.

Os valores das reações de apoio encontrados pelo Método dos Deslocamentos são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Reações nos apoios da estrutura original obtidas através do método dos deslocamentos

VA (kN)	HA (kN)	MA (kN*m)	MC (kN*m)	VC (kN*m)	HF (kN)	MF (kN*m)	VF (kN)
55,74	8,448	-14,068	63,32	57,46	-8,4488	14,068	55,74

Fonte: Autores, 2022.

Devido as simplificações provenientes da simetria, a aplicação do Processo de Cross precisou apenas de 1 interação para equilibrar os nós. Os valores encontrados para as reações de apoio estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 - Reações nos apoios da estrutura obtidas através do Processo de Cross

VA (kN)	HA (kN)	MA (kN*m)	MC (kN*m)	VC (kN*m)	HF (kN)	MF (kN*m)	VF (kN)
55,72	8,451	-14,085	63,315	57,48	-8,451	14,085	55,72

Fonte: Autores, 2022.

Analisando as tabelas acima é possível observar que os valores encontrados para as reações de apoio pelo Método das Forças são levemente superiores aos demais métodos. Isso pode ter ocorrido devido principalmente as simplificações de cálculo. No entanto, de modo geral, não há nenhuma diferença significativas entre os métodos.

Para melhor realizar a análise comparativa, foi construída a Tabela 5, a seguir, que resume todos os resultados, incluindo os valores encontrados pelo *software* Ftool.

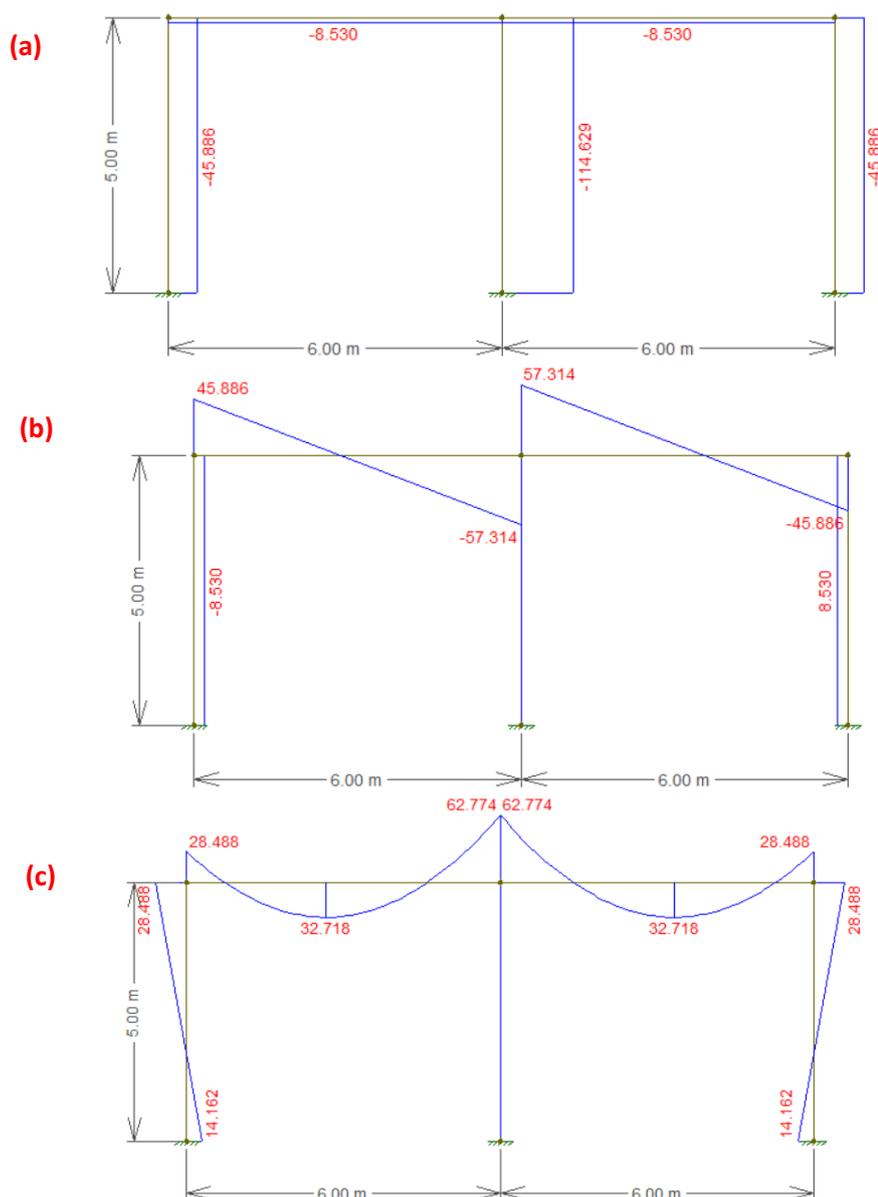
Tabela 5 - Quadro resumo dos valores das reações para diferentes métodos aplicados

MÉTODO	HA (kN)	MA (kN.m)	VA (kN)	MC (kN.m)	VC (kN)	VD (kN)	HF (kN)	MF (kN.m)	VF (kN)
FORÇAS	8,915	-15,91	58,18	63,07	54,682	119,4	-8,915	15,91	58,518
DESLOCAMENTO	8,448	-14,068	55,74	63,32	57,46	124,9	-8,448	14,068	55,74
CROSS	8,451	-14,085	55,72	63,315	57,48	125	-8,451	14,085	55,72
FTOOL	8,53	-14,162	55,88	62,77	52,31	124,6	-8,53	14,162	55,886

Fonte: Autores, 2022.

Em termos de atividade didática, a construção da Tabela 5 foi a etapa final da proposta, com o objetivo de que os estudantes pudessem confrontar a precisão dos métodos de cálculo em relação aos dados obtidos pelo *software*. Além disso, a atividade serviu ainda para que os alunos desenvolvessem a habilidade para realização de análises no *software* Ftool. Para isso, foram construídos no FTool os diagramas da Figura 5.

Figura 5 – Diagramas: (a) do esforço normal, (b) do esforço cortante e (c) do momento fletor



Fonte: Autores, 2022.

Em relação aos resultados obtidos, se observou que o Método das Forças mostrou uma diferença considerável comparado com os resultados obtidos no *software* Ftool e nos outros métodos. Os valores que mais se aproximaram dos valores obtidos no *software* Ftool foram os obtidos pelo método dos deslocamentos e processo de Cross, cuja diferença não foi superior à 2 décimos na maioria das reações. Essa aproximação dos dois últimos métodos utilizados em relação ao Ftool se deve ao fato dos métodos levarem em conta a rigidez da estrutura, enquanto o método das forças considera apenas as cargas atuantes na estrutura nos cálculos.

A avaliação da atividade é feita basicamente em duas partes: relatório descritivo (professor) e formulário (autoavaliação). Após a entrega final do relatório da atividade, houve momento de discussão sobre os resultados encontrados, seguido do preenchimento do formulário de autoavaliação como complemento do processo avaliativo. Durante o debate, os alunos relataram suas perspectivas em relação a aplicação da atividade e sua relevância para o entendimento acerca da aplicação prática dos conceitos estudados.

4 CONCLUSÃO

Por meio da aplicação da Atividade fundamentada em Aprendizagem Baseada em Problema, foi possível obter resultados através dos diferentes métodos, com diferenças não significativas em relação ao *software* Ftool. Assim, acredita-se que a Atividade apresentou resultados satisfatórios, uma vez que proporcionou resultados satisfatórios, visto que os discentes resolveram a situação problema proposta, analisando a estrutura real, realizando os cálculos e desenvolvendo o comparativo com o FTool.

Considera-se que a estratégia da ABP proporcionou aos discentes um olhar mais prático em relação aos conteúdos trabalhados. Evidencia-se que o método consistiu de uma iniciativa relevante ao processo de aprendizagem diante de uma nova ocasião de ensino.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Alagoas – IFAL *Campus* Palmeira dos Índios pelo suporte e dedicam esse trabalho ao amigo, Gustavo Alves de Macedo (*In Memoriam*), pelos momentos compartilhados durante a graduação e no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRESSANE, A. et al. Aprendizagem baseada em dinâmicas: Uma proposta pedagógica para formação integral na engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 1, p. 59–71, 2017.

CARVALHO, E. R. et al. Atividade de aprendizagem baseada em projeto em engenharia civil: proposta de análise experimental do módulo de elasticidade e dimensionamento de viga

HENTGES, T. I.; DURANTE, T.; FANTIN, T. V. L. Construção de letreiro em concreto armado: uma proposta de metodologia ativa. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 40, p. 353-364, 2021.

FEITOSA, A. M. **Realidade aumentada no ensino de física**. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2020.

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.

SUSSEKIND, J. C. **Curso de Análise Estrutural 1**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora GLOBO, 1981.

PROBLEM-BASED LEARNING IN CIVIL ENGINEERING: PROPOSAL FOR AN ACTIVITY APPLIED IN THE COURSE OF THEORY OF STRUCTURES

Abstract: *Among the various methodologies applied to engineering education, Problem-Based Learning (PBL) emerges as a way to stimulate students to solve real problems by applying the theoretical knowledge presented in the classroom. This article aims to present the results obtained from an activity carried out in the course of Theory of Structures II from the Civil Engineering program at the Federal Institute of Alagoas - IFAL. The methodological strategy adopted for the activity was Problem-Based Learning, which was divided into five stages: Problem Delimitation, Selection of Real Structure, Construction of Theoretical Model, Structural Analysis (Force Methods, Displacement Methods, Cross Process, and FTool), and Evaluation of Results. The main objective was to analyze a real structure, considering its elements, self-weight, and dimensions. The students were responsible for modeling the chosen structure, creating a representation with the existing components. To determine the support reactions of the structural model, they applied structural calculation concepts learned in the course using three different methods: Force Method, Displacement Method, and Cross Method. Subsequently, the same model was analyzed in Ftool software, used for structural analysis, in order to make comparisons of the values. The results obtained through PBL were satisfactory, as the students were able to solve the proposed problem by applying the concepts studied in the classroom. Thus, it was possible to analyze the real structure, perform the necessary calculations, and compare the results with the software. Finally, the development of the activity demonstrated satisfactory results regarding the understanding and application of the study object.*

Keywords: *Problem-Based Learning, civil engineering, teaching methodology, theory of structures.*