

## **METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS EM RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ENGENHARIA CIVIL: PROJETO ESTRUTURAL METÁLICO SIMPLIFICADO USANDO RECURSO COMPUTACIONAL**

**Emanuel Santos Jr.** – emanuel.junior@foa.org.br

**Jane R. A. Barbosa** – janerangel@globo.com

**Weslen N. de Lima** – weslen.lima@foa.org.br

**José M. Rodrigues Filho** – jose.rodrigues@foa.org.br

Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA)

Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325

CEP 27240-560 – Volta Redonda – Rio de Janeiro

**Resumo:** As transformações das sociedades contemporâneas têm exposto, de modo mais crítico, os aspectos relativos ao processo ensino-aprendizagem na formação profissional do engenheiro. Neste cenário, este trabalho apresenta um projeto didático composto por duas Metodologias Ativas de Aprendizagem aplicadas na disciplina “Resistência dos Materiais I” do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA): Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Baseada em Projetos. A primeira trata-se de uma atividade dinâmica de aprendizagem colaborativa realizada em sala de aula, enquanto que a segunda refere-se à elaboração de um projeto estrutural metálico utilizando o programa Ftool 3.0 como ferramenta tecnológica. O objetivo deste trabalho é apresentar uma estratégia para motivar o interesse dos alunos pelos conteúdos conceituais a partir de atividades contextualizadas com atribuições do engenheiro civil. Uma vez que a disciplina aborda temas sobre o comportamento mecânico dos materiais, ela é indissociável da engenharia dedicada à concepção de estruturas submetidas a esforços. As atividades propostas aperfeiçoam o processo de aprendizagem, promovendo o trabalho em grupo com apropriação de conteúdos. O aluno tem uma melhor percepção do sentido real para o aprendizado dos conteúdos. O método de avaliação de desempenho do aluno é contínuo e contempla todas as atividades realizadas no semestre acadêmico. O projeto encontra-se em desenvolvimento, mas os resultados preliminares indicam que as atividades realizadas atenderam às suas finalidades. O modelo de projeto apresentado pode contribuir para melhoria da eficiência e eficácia da aprendizagem no contexto do Ensino de Engenharia.

**Palavras-chave:** Metodologias ativas. Aprendizagem baseada em problemas. Aprendizagem baseada em projetos. Resistência dos materiais. Ensino de Engenharia.

### **1 INTRODUÇÃO**

A resistência dos materiais, ou mecânica dos materiais, é a parte da mecânica voltada ao estudo da estabilidade mecânica, das deformações e da resistência à fratura de corpos sob carregamento (SCHÖN, 2013). Ainda, fomenta ao futuro engenheiro os princípios essenciais para analisar e projetar máquinas e estruturas que suportam cargas. Portanto, os conteúdos abordados são indispensáveis às atividades das engenharias responsáveis pela elaboração de projetos e construção de estruturas (edifícios, pontes, máquinas, equipamentos, etc.). Em

particular, no curso de graduação de bacharelado em Engenharia Civil, os alunos são preparados com os conceitos clássicos sobre o comportamento das estruturas na disciplina Resistência dos Materiais, uma vez que ainda encontram-se no ciclo básico do curso. À medida que os alunos avançam no ciclo profissional do curso, os temas relacionados à resistência dos materiais são recorrentes e estudados com aprofundamento necessários à formação técnica-profissional; comumente encontrados em disciplinas que abordam o cálculo estrutural, por exemplo: estruturas em madeira, projeto de edifícios e fundações.

O cálculo de estruturas é um processo extenso que demanda acautelamento do engenheiro calculista devido a grande quantidade de parâmetros envolvidos. Por exemplo, a exatidão dos resultados dependerá desde um projeto executivo estrutural minucioso até a seleção adequada dos materiais (LONGO, 2016). Com o advento de recursos tecnológicos, as análises estruturais deixaram de ser apenas baseadas em aproximações gráficas e fórmulas simplificadas. Atualmente, diversas ferramentas computacionais, bem como modelagens matemáticas, estão à disposição para execução de cálculos mais precisos. O programa *Ftool* (*Two-dimensional Frame Analysis Tool*) na versão 3.0 é uma ferramenta educacional bastante intuitiva e livre para uso acadêmico (TECGRAF, 2012). Trata-se de uma plataforma para cálculo estrutural bidimensional de pórticos, onde se emprega o método dos elementos finitos como modelo matemático de análise (TECGRAF, 2012). O diferencial dessa ferramenta é o estímulo do aprendizado do comportamento estrutural, ao passo que outros programas educacionais são principalmente direcionados ao ensino de técnicas numéricas de análise (LEMES, 2010).

Com relação ao processo ensino-aprendizagem, uma mudança significativa do perfil e necessidades do aluno, bem como do mercado de trabalho, têm sido observados recentemente. A construção de competências para o mundo do trabalho contemporâneo requer, certamente, práticas docentes diferenciadas e, quando possível, a utilização de ferramentas tecnológicas adequadas. Com isso, torna-se indispensável pensar em uma metodologia para uma prática de educação crítica e inovadora, criativa e apta a aprender a aprender; que deve compreender o conhecer; o aprender a fazer; o aprender a conviver e o aprender a ser; garantindo a integridade com qualidade, eficiência e resolutividade (NOVAK, 1999). Na Metodologia Ativa de Aprendizagem, o aluno é o protagonista e o maior responsável pelo processo de aprendizagem. Sendo assim, o objetivo desse modelo de ensino é, sobretudo, incentivar o aluno desenvolver a capacidade de assimilação de conteúdos de forma autônoma, participativa e colaborativa. Consequentemente, neste processo o professor assume o papel singular de incentivador e mediador da aprendizagem. Com respeito à Instituição de Ensino Superior (IES), os benefícios se mostram com maior satisfação dos alunos com o ambiente de sala de aula, aumento do reconhecimento do mercado de trabalho e a percepção do aluno com a IES. Não obstante, desperta a consciência de que aprimorar os procedimentos usados no ensino é extremamente importante para elevar os padrões de qualidade do ensino e da educação.

O método de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) é fundamentado no uso contextualizado de uma situação-problema para o aprendizado autodirigido (ARAÚJO, 2009). O aprendizado passa a ser centrado no aluno, que deixa de ser um receptor passivo da informação para ser um agente ativo de seu processo de aprendizagem. O professor atua como orientador em grupos de trabalho, nos quais a interação entre professor-aluno é muito mais intensa do que em aulas meramente expositivas. Assim, procura transformar um problema como base de motivação ao aprendizado, enfatizando o processo seguido pelo grupo na busca de uma solução, valorizando a aprendizagem autônoma cooperativa (ARAÚJO, 2009).

Já o método de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj) é de grande valor e interesse aos processos formativos no Ensino de Engenharia, pois leva em consideração

situações reais relativas ao contexto e à vida, que devem estar relacionados ao objeto central do projeto em desenvolvimento. Logo, trabalhar com projetos gera ambientes de aprendizagem favoráveis ao exercício de valores e atitudes, como a iniciativa e a capacidade de planejar e realizar um trabalho colaborativo; ainda, refletindo no desempenho do aluno e na apropriação do seu processo de aprendizagem (BONWELL, 1991). De fato, a aprendizagem ativa estimula a participação do aluno na construção do conhecimento de maneira ativa, além de desenvolver diversas competências de forma inovadora (BRESSANE, 2017; BACICH, 2018).

Particularmente, a disciplina “Resistência dos Materiais” é regularmente vista com animosidade ou desinteresse por muitos alunos devido ao formalismo lógico-matemático requerido e, por muitas vezes, uma escassa contextualização encontrada nos materiais didáticos. Dessa forma, um ensino eficaz da disciplina torna-se uma tarefa desafiadora ao professor quando imbuído na reversão de tal cenário, o qual deve elaborar metodologias com valor pedagógico, atraentes e focadas no aluno.

Neste trabalho é sugerido o desenvolvimento de um projeto estrutural (pórtico) metálico simplificado utilizando-se o programa *Ftool 3.0*. Para o processo ensino-aprendizagem, as Metodologias Ativas de Aprendizagem ABProb e ABProj são empregadas de forma complementares. O objetivo principal é despertar a percepção dos alunos sobre a relevância da aplicabilidade dos conteúdos de mecânica dos materiais na Engenharia, encorajando-os pelo interesse nos temas abordados em sala de aula. Com efeito, quanto maior o envolvimento do aluno com seu processo de aprendizagem e os objetivos de seu conhecimento, maior é a possibilidade de uma aprendizagem efetiva e permanente. Ademais, o roteiro do Projeto proposto viabiliza uma avaliação de desempenho do aluno de forma contínua, qualitativa e quantitativa. As atividades encontram-se atualmente em desenvolvimento na disciplina “Resistência dos Materiais I” do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA).

## 2 MÉTODOS

O projeto intitulado “Aplicação da mecânica dos sólidos em um projeto estrutural metálico simplificado” combina duas Metodologias Ativas de Aprendizagem executadas no semestre acadêmico, a saber: Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) e Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj). Diferentemente dos métodos tradicionais baseados apenas em trabalhos e avaliações individuais, a associação de métodos ativos estimula o aprendizado por meio de práticas pedagógicas inspiradas em atribuições reais do engenheiro civil. A seguir são detalhados os métodos de aprendizagem elaborados.

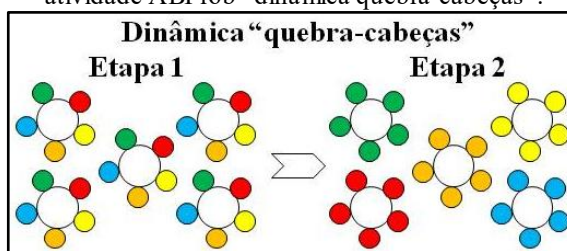
### 2.1 Aprendizagem baseada em problemas (ABProb): dinâmica quebra-cabeças

Embora apresente uma metodologia modificada daquela originalmente proposta por Aronson *et al.* (1978), a atividade “dinâmica quebra-cabeças” é caracterizada como um método de aprendizado cooperativo. Para um grupo de 25 alunos, inicialmente são organizadas cinco equipes formadas por cinco alunos cada uma. Os componentes das equipes são escolhidos de forma aleatória. Na primeira etapa da atividade, cada equipe recebe um problema contextualizado diferente que deve ser discutido entre os componentes e, se possível, solucionado no intervalo de 20 minutos. Os problemas tratam de situações distintas que abordam conceitos previamente discutidos em sala aula, a saber: tensão, deformação, propriedades mecânicas dos materiais e a relação de *Hooke* no regime elástico da deformação. Ainda, os problemas são diretamente articulados com o projeto estrutural que será



desenvolvido posteriormente. Nesta etapa da atividade dinâmica, o professor esclarece as dúvidas dos alunos movimentando-se entre os grupos. O professor também distribui cartões coloridos aos alunos, onde cada aluno da mesma equipe recebe um cartão de cor diferente. Assim, são distribuídos cartões em cinco diferentes cores para cada equipe. A Figura 1 ilustra as etapas de formação de grupos para desenvolvimento da dinâmica.

Figura 1 – Ilustração das diferentes etapas da atividade ABProb "dinâmica quebra-cabeças".



Transcorrido o tempo pré-determinado de 20 minutos, novas equipes são organizadas com os alunos que possuem cartões de cores idênticas (indicado pela Etapa 2 na Figura 1). Dessa forma, novas equipes são organizadas de modo que cada aluno já tenha discutido um dos problemas propostos. Nesta segunda etapa, as equipes devem discutir e solucionar todas as questões no intervalo de uma hora sem o auxílio do professor; portanto, o papel do professor torna-se apenas observacional.

Embora a atividade ABProb seja um instrumento importante para diagnóstico de conhecimentos prévios dos alunos, a metodologia central empregada neste trabalho é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), como detalhada a seguir.

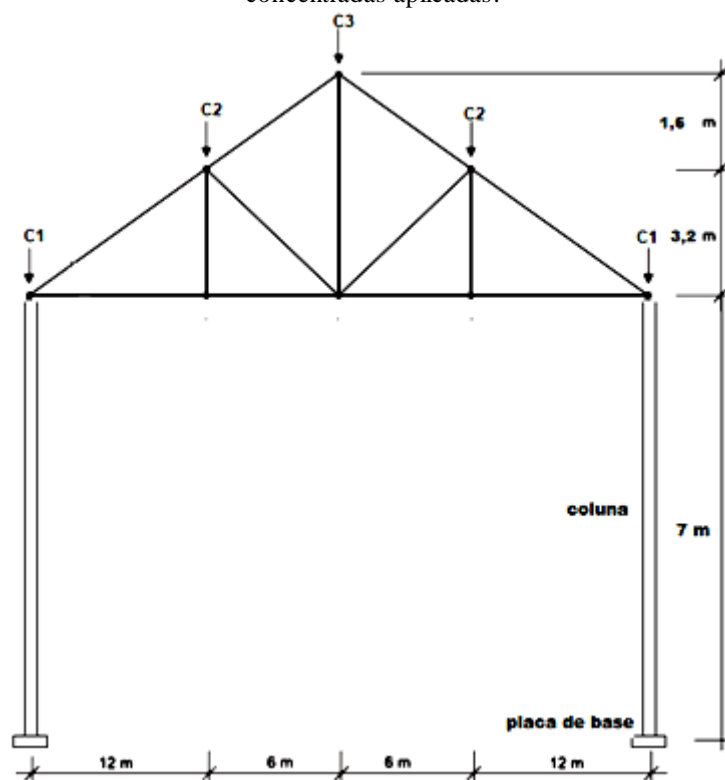
## 2.2 Aprendizagem baseada em projetos (ABProj): projeto estrutural simplificado

A metodologia ativa desta atividade pode ser classificada como um projeto de aprendizagem do tipo construtivo, uma vez que o produto final é a confecção de um memorial descritivo do projeto estrutural indicado. Após a realização da etapa descrita anteriormente, os alunos são organizados novamente em cinco equipes formadas por cinco componentes. A formação das equipes é novamente determinada por sorteio para não ocorrer repetição de equipes anteriores. Cada equipe recebe um esboço (*croqui*) do projeto de um pórtico metálico constituído por uma treliça do tipo *Howe*, conforme mostra a Figura 2. Este projeto estrutural é simplificado e os alunos são inicialmente encorajados a calcular os esforços internos dos membros da estrutura manualmente, conforme as especificações de cada projeto.

Adicionalmente, cada equipe recebe um projeto com algumas especificações distintas, a saber: cargas concentradas (indicadas na Figura 2 como C1, C2 e C3), perfis das cantoneiras de abas iguais dos membros da treliça e perfil laminado das colunas. Dessa forma, cada equipe desenvolverá projetos diferentes. O Quadro 1 mostra um exemplo dos valores de parâmetros de diferenciação entre os projetos estruturais.

Com relação à seleção de materiais, o aço previamente escolhido para treliça, colunas e placas de base é o aço-carbono estrutural comum ASTM A36. Já o aço ASTM A325 foi selecionado para aplicação nos parafusos utilizados nas placas de conexão (*gussets*) da treliça. As propriedades mecânicas dos aços (tensões máximas e módulo de elasticidade, por exemplo), bem como as propriedades geométricas dos perfis selecionados, necessários para o estudo do projeto estrutural são encontradas em tabelas específicas (BELLEI, 2008). A seleção do material é uma etapa importante, uma vez que o comportamento mecânico de uma estrutura também depende das propriedades do material empregado.

Figura 2 – Croqui do projeto do pórtico metálico da atividade ABProj (treliça Howe). C1, C2 e C3 correspondem às cargas concentradas aplicadas.



Quadro 1 – Exemplos dos parâmetros usados em cada projeto estrutural proposto.

Projeto	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	perfil cantoneira (mm) <sup>a</sup>	perfil I laminado (mm) <sup>b</sup>
01	15	25	30	L51x51x6,4	W310x33
02				L76x76x6,4	
03	20	30	35	L64x64x6,4	W310x74
04	25	35	40	L76x76x6,4	
05				L76x76x6,4	

<sup>a</sup>perfil cantoneira de abas iguais utilizados nos membros da treliça; <sup>b</sup>perfil aplicado para as colunas.

Em seguida, ensina-se a utilização dos recursos básicos do programa *Ftool 3.0*. Durante a aula, as equipes devem reproduzir o projeto do pórtico metálico utilizando tal recurso computacional, determinando os esforços internos nos membros da estrutura (barras da treliça Howe e colunas). Assim, torna-se uma oportunidade para verificar os cálculos realizados manualmente e identificar possíveis déficits de aprendizagem relacionados aos conceitos sobre equilíbrio dos corpos rígidos estudados em semestres anteriores. Uma vez que todos os esforços internos nos membros da estrutura foram determinados, os alunos estão aptos a iniciar a análise do projeto explorando os conceitos de resistência dos materiais abordados em sala de aula durante o semestre acadêmico.

## 2.3 Análise do projeto estrutural

Nesta última etapa do projeto, cada equipe deve preparar um relatório (ou memorial) composto por:

- 1) Descrição do projeto estrutural proposto;
- 2) Apresentação do cálculo estrutural efetuado com o recurso computacional, indicando dos esforços internos em cada membro da estrutura do pórtico, e;
- 3) Solução das atividades propostas, as quais foram elaboradas explorando os conceitos da mecânica dos materiais aplicados no projeto estrutural simplificado.

As dez atividades elaboradas para produção do relatório são as seguintes:

- 1) Esquematizar os esforços internos em cada membro da estrutura do pórtico;
- 2) Determinar a maior tensão normal média e sua localização na estrutura da treliça;
- 3) Determinar a tensão normal média nas colunas;
- 4) Calcular a deformação normal das colunas utilizando o conceito do coeficiente de Poisson;
- 5) Determinar a deformação dos elementos da estrutura utilizando a relação de *Hooke*;
- 6) Analisar a deformação das colunas devido à uma variação térmica, supondo as colunas isoladas;
- 7) Determinar a maior força cisalhante atuante nos parafusos das placas de conexão da treliça;
- 8) Dimensionar os parafusos das conexões, considerando que cada barra da treliça é conectada por dois parafusos;
- 9) Dimensionar a placa de base da estrutura, considerando placas de dimensões quadradas e a tensão de esmagamento máxima para o aço escolhido;
- 10) Análise da infraestrutura: dimensionar as sapatas com seção quadrada, assumindo um solo argiloso simples.

Os relatórios produzidos pelas equipes devem apresentar todos os cálculos, discussão dos resultados com fundamentação teórica e deverão, ainda, ser entregues após a realização da segunda avaliação individual, conforme o detalhamento na seção seguinte.

## 2.4 Métodos de avaliação

A avaliação de desempenho de cada aluno é composta pelas atividades realizadas durante o semestre acadêmico, portanto, de forma contínua e cumulativa, prevalecendo aspectos qualitativos e quantitativos. Pode ser dividida em duas etapas: 1) a primeira parte compreende a atividade ABProb e uma prova individual obrigatória aplicada depois de transcorridos 50% das aulas do semestre, aproximadamente. Do total das questões da prova individual, 30% dos problemas são vinculados ao projeto estrutural que será desenvolvido posteriormente. Assim, vários conceitos abordados em sala de aula já estão articulados com o projeto estrutural nesta etapa do desenvolvimento; 2) a segunda parte do processo de avaliação do aluno refere-se à atividade ABProj e uma prova individual obrigatória. Nesta avaliação individual há três questões (50% do total) diretamente correlacionadas ao projeto estrutural e contextualizadas com os conteúdos conceituais, uma vez que neste estágio os alunos já concluíram a análise estrutural e finalizam a produção dos relatórios. A nota final atribuída aos alunos é a média entre as notas obtidas na primeira e segunda parte do projeto. Dessa forma, a avaliação de desempenho dos alunos é integrada e criterial, incluindo a análise da evolução das diferentes competências.

A avaliação da percepção dos alunos quanto ao desenvolvimento e eficácia do projeto é realizada por meio de um questionário baseado no modelo descrito por Bressane *et al.* (2017).

O questionário organizado nesse projeto é composto por nove questões, a saber:

- 1) A minha participação nas atividades do projeto foi plena;



- 2) O projeto motivou meu interesse pelos conteúdos da disciplina “Resistência dos Materiais”, pois percebi melhor a importância para minha profissão;
- 3) Eu tinha todos os pré-requisitos necessários para iniciar o projeto; Não precisei de ajuda ou estudar conteúdos já vistos nos semestres anteriores;
- 4) Sugiro que o modelo de atividade de aprendizagem ativa também seja aplicado em outras disciplinas do curso;
- 5) Todos os colegas da minha equipe participaram ativamente no projeto;
- 6) A atividade me fez sentir mais confiante para a avaliação individual;
- 7) A forma como as equipes foram organizadas (por sorteio) possibilitou o desenvolvimento de minhas habilidades de administração de trabalho em grupo; importantes à vida profissional;
- 8) As atividades proporcionaram condições para desenvolver habilidades de proatividade, criatividade e visão crítica;
- 9) Sinto-me mais preparado para cursar as disciplinas do ciclo profissional, quando forem necessários os conteúdos abordados neste projeto.

Para cada item acima, o aluno deve assinalar uma das cinco alternativas quanto ao juízo: concordo plenamente, concordo parcialmente, indiferente, discordo parcialmente e discordo plenamente. A estruturação do questionário permite, portanto, uma avaliação dos componentes de aceitação, motivação, humanista e funcional das atividades desenvolvidas. A análise quantitativa é realizada pela técnica de Likert (BRESSANE, 2017).

### 3 RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

No processo de formação do profissional da Engenharia, o ensino deve ter como objetivo propiciar uma aprendizagem significativa, contextualizada e orientada para o uso de tecnologias contemporâneas. Além disso, deve aplicar o uso de recursos da inteligência, gerando habilidades em resolver problemas e conduzir projetos nos diferentes segmentos do setor produtivo.

É indispensável que o profissional seja capaz de exercer valores e condições de formação humana, considerados indispensáveis no mundo do trabalho atual, além do preparo requerido para construção de competências técnicas. Do ponto de vista de habilidades básicas, para se envolver ativamente no processo de aprendizagem o aluno deve: ler, escrever, perguntar, discutir ou estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos. Além disso, deverá realizar atividades mentais de alto nível, tais como: análise, síntese e avaliação. Nesse sentido, as estratégias que promovam aprendizagem ativa podem ser definidas como sendo atividades que ocupam o aluno em fazer alguma coisa e, ao mesmo tempo, o leva a pensar sobre as coisas que está fazendo (SILBERMAN, 1996).

Em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor não atua apenas como fonte única de informação e conhecimento. Independente da estratégia utilizada para promover a aprendizagem ativa, é essencial que o aluno faça o uso de suas funções mentais de pensar, raciocinar, observar, refletir e entender em conjunto com outras que formam a inteligência. Nesse sentido, as pesquisas mostram que a aprendizagem ativa é uma estratégia de ensino muito eficiente. Sendo assim, a diferença fundamental que caracteriza um ambiente de aprendizagem ativa é uma estratégia de ensino eficaz, com métodos ativos, onde os alunos assimilam maior volume de conteúdo, retêm as informações por mais tempo e aproveitam as aulas com mais prazer e participação (SILBERMAN, 1996).

O Ensino de Engenharia indiscutivelmente oferece inúmeras oportunidades de aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem nas diferentes áreas de formação profissional.

Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para se conseguir ambientes de aprendizagem ativa em sala de aula, Bonwell *et al.* (1991) destaca a discussão de temas de interesse profissional, trabalho em equipe com tarefas colaborativas, geração de ideias para solução de um problema, modelagem e simulação de processos e sistemas, dentre outros. Nessa perspectiva, assegura-se que todo recurso que promova o envolvimento e a participação ativa do aluno no processo de aquisição do conhecimento contribui para formação de ambientes ativos de aprendizagem. Para esse fim, pesquisas recentes sugerem Metodologias Ativas de Aprendizagem em que os alunos sejam autônomos e participem efetivamente de atividades que promovam síntese, análise e avaliação dos conteúdos estudados (RIBEIRO, 2005; COSTA, 2010; LEMES, 2010; BARBOSA, 2013; BRESSANE, 2017; BACICH, 2018), tal como a estratégia didática elaborada neste trabalho por meio das atividades combinadas de aprendizagem baseada em problemas (ABProb) e aprendizagem baseada em projetos (ABProj).

Até o presente momento, a primeira parte das atividades (ABProb) já foi concluída. A realização da atividade "dinâmica quebra-cabeças", a qual é um método de aprendizagem colaborativa, foram identificados os aspectos relativos aos conteúdos já apropriados (ou não) pelos alunos. Como as situações-problema desta atividade envolviam o cálculo de esforços em membros de treliças, a metodologia ABProb foi uma oportunidade para recapitular este conteúdo tão importante à formação do engenheiro, sobretudo, àquelas dedicadas ao cálculo estrutural. Durante a etapa inicial, em que o professor interagiu com os grupos de alunos, observou-se um maior número de questionamentos relacionados ao cálculo de esforços em treliças. Como os problemas eram articulados com conceitos de mecânica dos materiais, os alunos já percebiam a aplicabilidade dos conteúdos na prática da engenharia. Vale a pena notar também a responsabilidade do aluno concebida com o seu processo de aprendizagem, bem como com seus pares, a partir das discussões originadas pelas situações-problemas. De fato, o ensinar contribui com o aprender. Na aula seguinte foi aplicada a primeira prova obrigatória do semestre acadêmico, a qual continha duas questões (do total de seis) diretamente vinculadas com a atividade ABProb. Em torno de 65% dos alunos obtiveram sucesso nas duas questões ligadas à atividade ABProb aplicada na aula anterior. Em semestres anteriores, onde o projeto não foi realizado, o índice de sucesso em questões similares foi em torno de 35%, refletindo em um baixo índice de aproveitamento na avaliação individual. Esta melhora observada no desempenho dos alunos, motiva-os a envolverem-se na atividade subsequente (ABProj) de maneira proativa, estimulando também um aprendizado mais consistente e permanente dos temas estudados.

A segunda parte do projeto é dedicada à metodologia ativa ABProj, onde os alunos desenvolveram um projeto estrutural metálico no formato de pórtico constituído por uma treliça do tipo *Howe*. É importante lembrar que este projeto estrutural é simplificado com o objetivo de articular os conceitos de estática e mecânica dos materiais com um projeto de engenharia civil. Dessa forma, a treliça é analisada isoladamente. Em uma situação real, a cobertura de um galpão, por exemplo, é composta por vários pórticos (e treliças) conforme o dimensionamento do projeto, exigindo um detalhamento descritivo minucioso. Até então, os alunos já concluíram a modelagem dos projetos no programa *Ftool 3.0*, determinando os esforços em cada componente da estrutura. Ao comparar os resultados da modelagem com os obtidos manualmente, os alunos tiveram a oportunidade de identificar e discutir com seus pares os erros nos cálculos manuais e, portanto, tornando-se uma ocasião ímpar de aprendizagem cooperativa. O próximo estágio será a aplicação dos resultados da modelagem do projeto estrutural utilizando o guia apresentado no item 2.3. Nesta etapa, os alunos deverão articular, de forma mais eloquente, os conceitos de mecânica dos materiais para produção do relatório descritivo do projeto estrutural, identificando as tensões e deformações dos



componentes, o dimensionamento dos parafusos das conexões, etc. Enfim, é neste estágio da atividade ABProj que o aluno perceberá de forma mais ampla a importância e a aplicabilidade dos conteúdos da resistência dos materiais na Engenharia Civil. Também, espera-se que o desempenho dos alunos na segunda avaliação individual seja substancialmente melhorado devido às estratégias didáticas aqui sugeridas, quando comparado ao desempenho obtido com o processo ensino-aprendizagem no formato tradicional de aulas expositivas. Ademais, as metodologias ativas propostas podem contribuir significativamente à formação do aluno, ao passo que no decorrer do curso os conteúdos estudados serão certamente abordados no ciclo profissional do curso de bacharelado em Engenharia Civil.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação das Metodologias Ativas de Aprendizagem ABProb e ABProj é uma estratégia de ensino efetiva quanto ao envolvimento dos alunos pelas atividades propostas, estimulando-os pelo interesse no estudo dos conteúdos de resistência dos materiais, uma vez que percebem sua importância e aplicabilidade na Engenharia Civil. Embora estejam em fase de desenvolvimento, as atividades de metodologias ativas apresentadas neste projeto têm muito a contribuir para melhoria da eficiência e eficácia da aprendizagem no contexto do Ensino de Engenharia.

#### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Ulisses Ferreira. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. 1ª edição, São Paulo: Summus, 2009.

ARONSON, Elliot *et al.* **The jigsaw classroom**. 1ª edição, Beverly Hills: Sage, 1978.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. 1ª edição, Porto Alegre: Penso, 2018.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v.39, n.2, p.48-67, 2013.

BELLEI, Ildony H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2ª edição, São Paulo: Pini, 2008.

BONWELL, Charles; EISON, James. **Active learning: creating excitement in the classroom**. Washington D.C.: Eric Digest, 1991.

BRESSANE, A.; ROVEDA, S.R.M.M.; ROVEDA, J.A.F. *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.

LEMES, Marcus Alessandro Ribeiro. **Software Ftool aplicado em resistência dos materiais**. 2010. 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde.

LONGO, H.I. A qualificação do engenheiro para avaliar projetos de estruturas. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.35, n.1, p.35-43, 2016.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. **Aprender a aprender**. 2ª edição, Lisboa: Plátano, 1999.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL):** uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. 2005. 209 f. (Tese de Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SCHÖN, Cláudio Geraldo. **Mecânica dos materiais:** fundamentos e tecnologia do comportamento mecânico. 1ª edição, São Paulo: Campus, 2013.

SILBERMAN, Mel. **Active learning:** 101 strategies to teach any subject. 1ª edição, Boston: Allyn & Bacon, 1996.

TECGRAF, Instituto Tecgraf de Desenvolvimento de Software Técnico Científico PUC/Rio: Software Ftool 3.0 (2012). Disponível em <https://www.ftool.com.br/Ftool>. Acesso em: 31 mar. 2018.

## **ACTIVE LEARNING METHODS APPLIED IN THE MECHANICS OF SOLIDS COURSE FOR CIVIL ENGINEERING: A SIMPLIFIED STRUCTURAL PROJECT USING COMPUTER MODELING**

**Abstract:** *Traditional teaching-learning processes for engineers' professional training have been nowadays widely debated due to the changes that have been taking place in our society. In this scenario, this work presents a didactic project composed of two Active Learning Methodologies applied in the "Resistência dos Materiais I" course at the Civil Engineering Faculty from Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA); that is, Problem Based Learning and Project Based Learning methods. The first one deals with a dynamic activity of collaborative learning carried out in the classroom, while the second concerns about the elaboration of a simplified metallic structural design using the Ftool 3.0 program. This work is aimed to presenting a strategy to motivate the students' interest about the contents covered in the mechanics of solids course through the elaboration of contextualized activities. Since the course is focused on the mechanical behavior of materials, such knowledge is inseparable from all activities devoted to the design of structures subjected to loads. Here, the proposed activities improve the learning process, promoting group work; therefore, students appropriate their studied subjects. The students have a greater perception of the real meaning of their learning. Although the work is under development, our preliminary results indicated that the activities already performed served their purposes. In terms of engineering teaching, this project model may contribute to the enhancement of efficiency and effectiveness of the learning process.*

**Key-words:** *Active learning methods. Problem based learning method. Project based learning method. Mechanics of solids. Engineering teaching.*