

APLICAÇÃO DE TREINAMENTO DO SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL COMO FERRAMENTA PARA QUALIFICAR O ENSINO DE ESTRUTURAS NA UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Felipe A. Bacelar –felipealvesbacelar@gmail.com

Margarida F. Rios –margarida_rios@edu.unifor.br

Bruno S. Sales –bruno.silva0374@hotmail.com

Iuri A. Ferreira – iuri.alves.f@gmail.com
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz
60811-905 – Fortaleza – Ceará

Resumo: *O presente estudo tem como finalidade demonstrar a importância de desenvolver a cultura de treinamentos que abordam o conteúdo prático das disciplinas de engenharia estrutural além de servir como ferramenta para implementar a metodologia Problem-Based Learning (PBL) nessas disciplinas. Com isso, foi realizado um treinamento do software Robot Structural Analysis Professional na Universidade de Fortaleza no curso de engenharia civil após verificar o interesse dos alunos por meio de um questionário. O treinamento teve duração de quatro horas e foi planejado a fim de que os discentes pudessem desenvolver habilidades no programa bem como, conhecer metodologias de cálculo não apresentadas nas disciplinas cursadas. A divulgação foi feita por meio da coordenação do curso e foram abordados os seguintes temas: Treliças, Pórticos, Estado plano de tensão em placas de alvenaria e Projeção da estrutura de um edifício. A avaliação do minicurso foi feita pelos alunos por meio de um questionário em que a nota média dada ao treinamento foi 9.63 e todos eles julgaram indispensável a aplicação de treinamentos como este para a formação de engenheiros civis.*

Palavras-chave: *Iniciação à docência. Robot Structural Analysis. Ensino de engenharia estrutural. Plataforma BIM. Treinamento.*

1 INTRODUÇÃO

A engenharia estrutural desempenha papel fundamental na concepção de elementos individuais e da estrutura como um todo. (AMORIM, 2018). É possível perceber, ao longo do curso de engenharia, a dificuldade dos alunos em visualizar e compreender alguns fenômenos relacionados a problemas de disciplinas de engenharia estrutural. (BARBIERI, 2009). Este bloqueio originou a busca por novas escolhas pedagógicas com o objetivo de auxiliar e complementar o entendimento bem como instigar o estudo das disciplinas. (SULZ;

TEODORO, 2014).

A utilização dos computadores pessoais e da Internet juntamente aos softwares de desenvolvimento de projetos estruturais vieram a facilitar em demasia o trabalho de profissionais e o estudo dos discentes de engenharia, visto que alguns desses softwares possuem a versão estudantil. (VALENTE, 1999). No entanto, apesar da facilidade ao acesso destas plataformas, essa alternativa é pouco ou nada aplicada para fins docentes ao longo do curso de engenharia civil.

Além disso, apesar das disciplinas de engenharia estrutural serem vistas durante quase toda a graduação, nota-se escasso o dinamismo e a aplicação de atividades práticas nas disciplinas, tornando mais difícil a assimilação do conteúdo para alunos que não tem experiência de estágio na área. A tarefa de melhorar o sistema educacional, tornando-o dinâmico e mais completo, exige uma atuação em várias dimensões e a escolha de decisões fundamentais e criativas. Essas melhorias vão desde a formação e aperfeiçoamento de professores a introdução de novas tecnologias. (VALENTE, 1999).

A partir do pressuposto de que o computador pode ser um importante recurso para facilitar o processo de construção de conhecimento (VALENTE, 1999), a alternativa pedagógica utilizada para o presente estudo foi a aplicação de um treinamento do software *Robot Structural Analysis* (RSA), ministrado pelo monitor da disciplina de Análise de Estruturas, complementando e qualificando o ensino em disciplinas estruturais do curso de engenharia civil da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

Este software é considerado um dos melhores programas de análise estrutural pela abrangência dos mais variados tipos de projeto, por sua interface gráfica ser de compreensão mais intuitiva e pela sua integração bidirecional com outros softwares, que é uma das premissas da plataforma BIM. Logo, intuito da aplicação do minicurso e do uso desta plataforma foi abordar conteúdos de todas as disciplinas de engenharia estrutural, a fim de demonstrar aplicações práticas das mesmas.

PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)

Juntamente ao avanço da tecnologia e das metodologias ativas nas quais o aluno passa a ser o centro de sua própria aprendizagem, surgiu o PBL. Esta metodologia de aprendizagem utiliza o professor apenas como facilitador, sugerindo que os alunos tenham um direcionamento a desenvolver habilidades para resolver problemas envolvendo sua futura atuação profissional, no caso de estudantes do ensino superior (SOUZA; DOURADO, 2015; BACELAR; RIOS; CARVALHO, 2019).

Ainda não muito utilizado no ensino na engenharia estrutural, PBL é definido por Barrows (1986) como um método de aprendizagem utilizando problemas como tomada para geração e integração de novos conhecimentos, fazendo assim, que os discentes se sintam mais estimulados em desenvolver suas habilidades.

Já Leite e Esteves (2005) definem o PBL como um meio que auxilia no processo de aprendizagem, sempre buscando que o aluno relacione questões das disciplinas com problemas complexos de sua área de conhecimento, tornando o aluno percussor de seu conhecimento.

No cenário atual, o PBL se torna uma das principais ferramentas pedagógicas, utilizada em muitas áreas de conhecimento, no entanto, podendo ser explorada de uma forma

melhor e mais eficiente, tornando tal metodologia mais completa (SOUZA; DOURADO, 2015). Como se trata de uma ferramenta altamente dependente dos alunos, se torna difícil prever os resultados, mas baseados em trabalhos publicados no século passado, se bem planejados, os resultados dessa metodologia devem ser de enorme expressão (DELISLE, 2000; LAMBROS, 2004).

Utilizando a ferramenta do RSA, tornar-se viável o uso dessa metodologia de ensino, pois em treinamentos de softwares como este, além de fixar melhor o conteúdo aprendido, são apresentados diversos problemas que são encarados no dia-a-dia por engenheiros, aproximando os alunos de sua possível carreira profissional.

2 METODOLOGIA

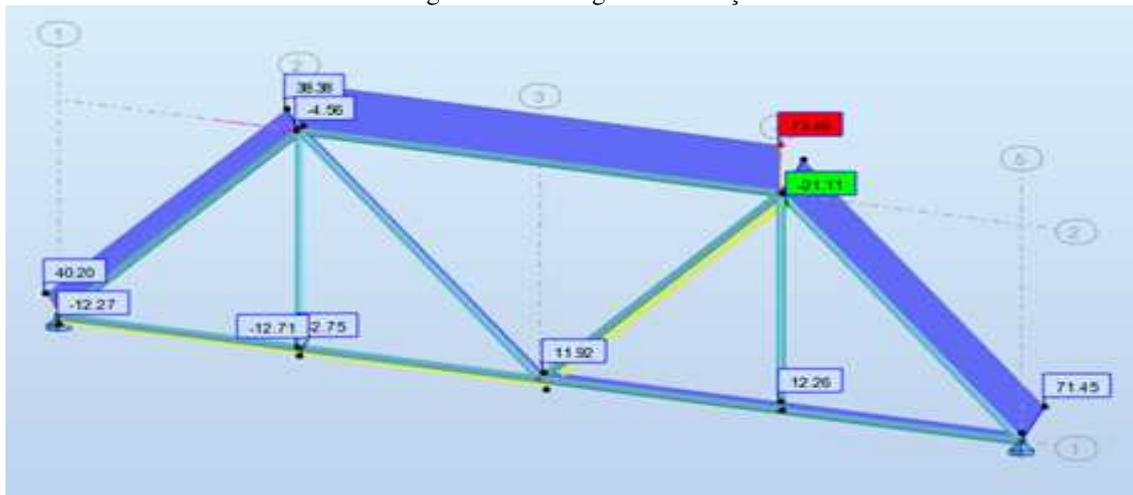
Ao partir do princípio de que o curso de Engenharia Civil da UNIFOR possui apenas disciplinas teóricas de engenharia estrutural ao longo do curso, exceto projeto estrutural, e que nas ementas das disciplinas não são estudados alguns conteúdos indispensáveis para quem pretende seguir esta área de atuação, foi aplicado em algumas turmas de engenharia civil um questionário online no *Google Forms* com o objetivo de conhecer sobre o interesse dos alunos em um minicurso de aplicação dos conteúdos vistos em um *software*. A finalidade foi de implementar superficialmente os conteúdos não vistos em sala de aula e analisar a prática do conteúdo já estudado, além, de capacitar os alunos que têm interesse de seguir essa área. O treinamento foi voltado para as disciplinas de Resistência dos Materiais I e II, Análise das Estruturas e Estruturas de Concreto I e II. A partir dos resultados do questionário, percebeu-se o interesse dos alunos em participar do minicurso, dando início a preparação do treinamento.

O treinamento foi divulgado pela Coordenação do curso a fim de que todos os alunos matriculados fossem convidados a participar. Para os alunos que tiveram interesse no minicurso, foram abertas as inscrições por meio de um formulário, também gerado no *Google forms*, em que seria necessário apenas *email* e nome completo.

O treinamento iniciou-se pela apresentação de todas as ferramentas necessárias para modelar as estruturas previamente definidas pelo facilitador para melhor entendimento da funcionalidade do programa. O minicurso foi aplicado por um período de quatro horas e foi dividido em quatro conteúdos: Treliças, Pórticos, Concentrações de tensões em placas de alvenaria e Projeção da estrutura de um edifício.

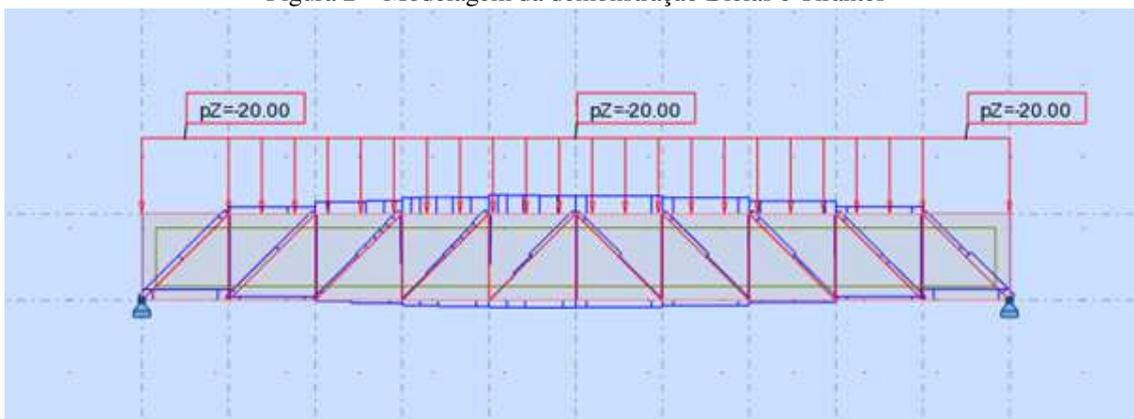
No conteúdo de treliças, optou-se por fazer as seguintes abordagens essenciais: uma treliça tem como principal esforço interno o NORMAL, mesmo quando os nós forem soldados e não articulados, como expresso na figura 1. Foi comentado também sobre o método conhecido inicialmente como Treliça de Morsch (LEONHARDT; MÖNNIG, 1977), que originou o método de bielas e tirantes (SCHLAICH; SCHÄFER, 1988) que se trata sobre o caminho de carga em estruturas. Atualmente este método é adotado pela NBR-6118:2014 para dimensionamento de armaduras transversais de vigas de concreto armado, blocos de coroamentos e furos em elementos estruturais. Para modelar uma viga no minicurso foi adotado a inclinação da biela de 45° como mostra a Figura 2.

Figura 1- Modelagem da Treliça



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor (2019).

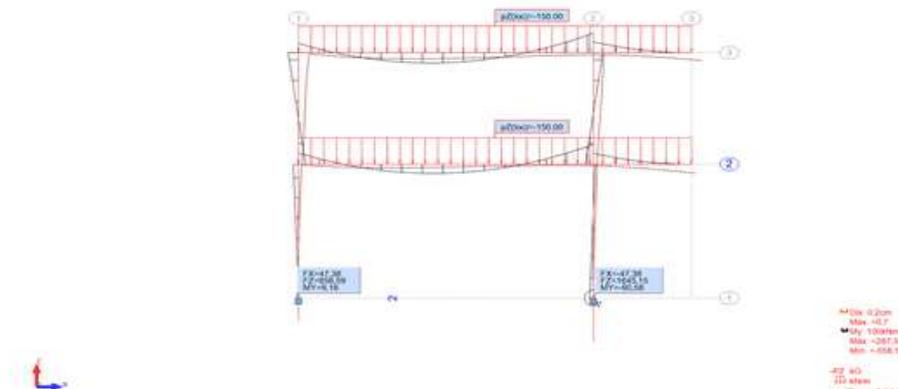
Figura 2 – Modelagem da demonstração Bielas e Tirantes



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor (2019).

Na segunda parte do material, como mostra a figura 3, foi apresentado a modelagem de um pórtico que representa um corte de uma edificação com dois pavimentos. Na apresentação foi explanado o princípio de superposição dos efeitos, que mostra a interação de cargas em diferentes elementos de uma mesma estrutura.

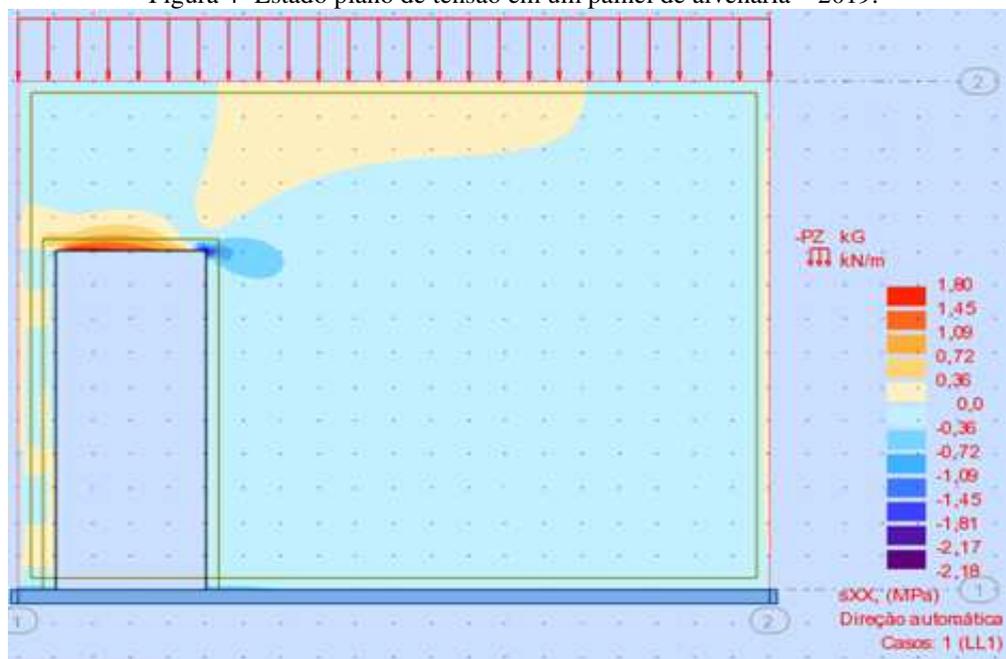
Figura 3 – Pórtico hiperestático



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor (2019).

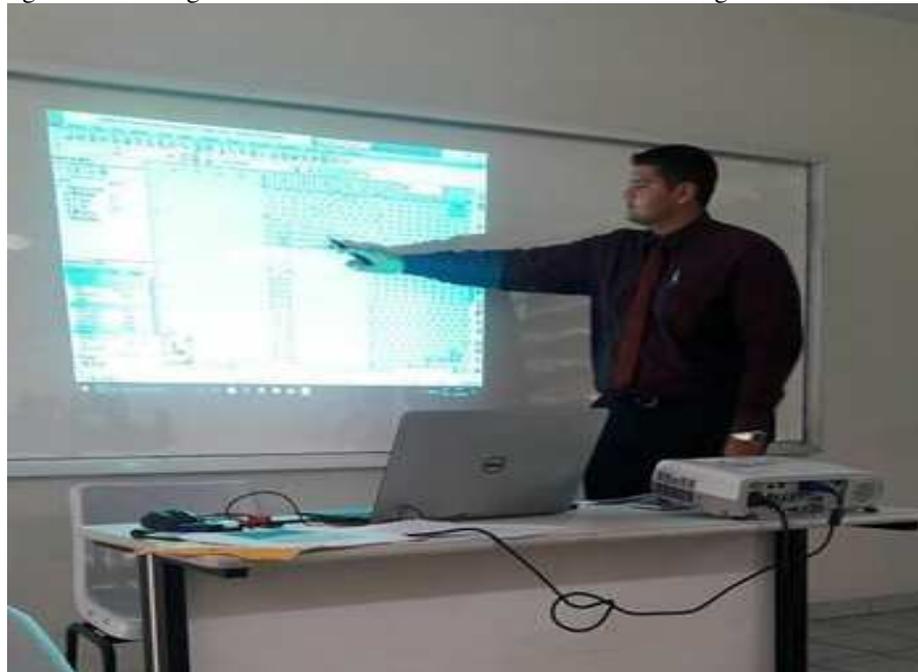
O terceiro conteúdo apresentado no treinamento e na Figura 4 refere-se a uma placa de alvenaria com o vão de uma porta. Para analisar as concentrações de tensões foi utilizado o método dos elementos finitos cuja ferramenta numérica é eficiente para resolução de problemas estruturais. Por intermédio de discretização de sistemas contínuos ao tratar um sistema estrutural como um sistema discreto, este método calcula os deslocamentos em alguns pontos do objeto em análise, que são chamados de nós do modelo. (VAZ, 2011). A Figura 5 demonstra o momento da explicação do método pelo facilitador.

Figura 4- Estado plano de tensão em um painel de alvenaria – 2019.



Fonte: Modelagem RSA elaborada pelo autor.

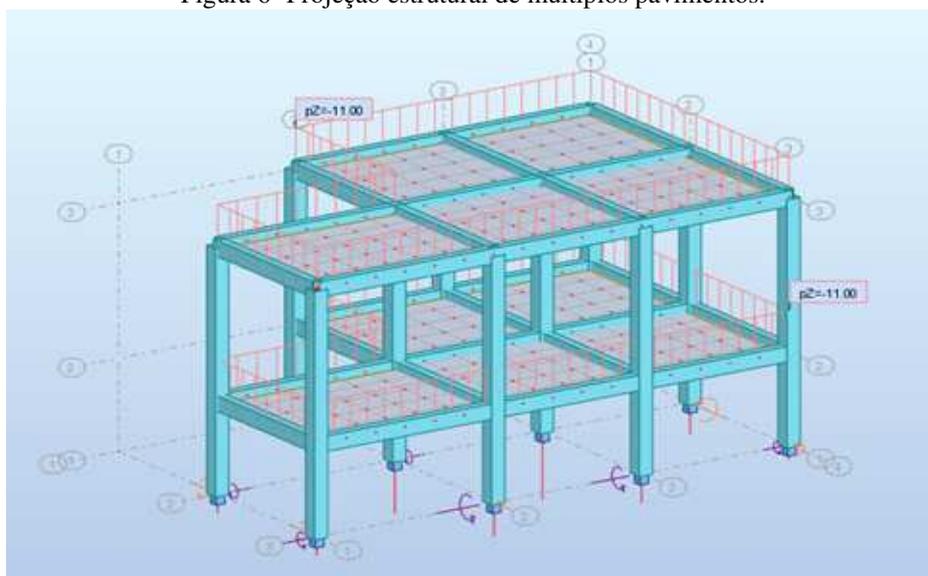
Figura 5- Abordagem de elementos finitos no momento da modelagem no treinamento.



Fonte: Autor.

A última parte do treinamento consistiu em disponibilizar uma planta baixa de um edifício com cinco cômodos e, a partir da mesma, modelar a estrutura de um edifício. Foi abordado como funciona a distribuição de carga e peso próprio de elementos estruturais desde a laje até as fundações. A figura 6 mostra um processo de modelagem no momento do curso

Figura 6- Projeção estrutural de múltiplos pavimentos.



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor.

Após todo conteúdo planejado ser abordado, foi aplicado um questionário em que não houve identificação, com intuito de saber a opinião dos alunos sobre o curso. O questionário foi criado no *Google Forms* com os seguintes questionamentos: “Qual a nota que você dá ao

minicurso?"; "Qual a importância do minicurso para a formação de um engenheiro?". Além de espaço destinado sugestões.

3 RESULTADOS

O questionário de interesse foi aplicado em três turmas de engenharia estrutural coletando 104 respostas. No Gráfico 1 podemos analisar algumas perguntas.

Gráfico 1- Pesquisa de interesse dos alunos no minicurso.

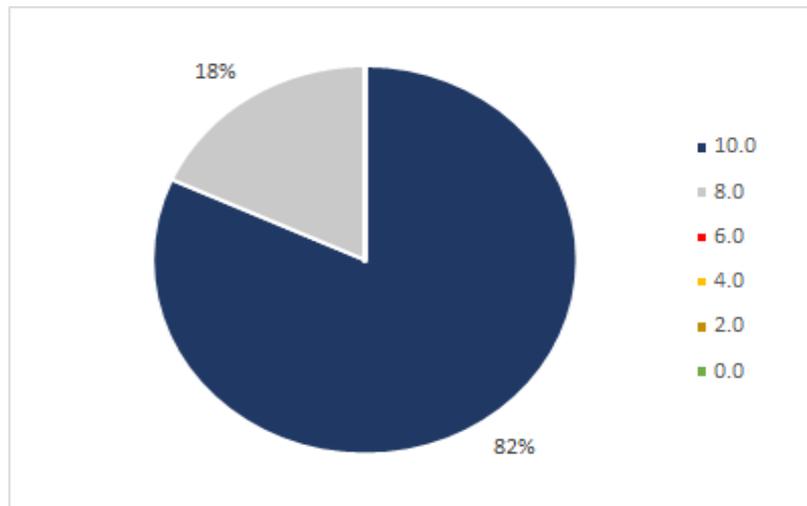


Fonte: Autor.

Ao analisar os dados, percebemos que aproximadamente 82% dos discentes tinham interesse no treinamento e se auto-avaliaram competentes em manusear ferramentas digitais. Um dado curioso, é o fato de 15 pessoas opinaram que o treinamento poderia ajudar na interpretação de estruturas, porém, não tiveram interesse no treinamento.

No formulário de inscrição para o minicurso, foram obtidas 26 inscrições, porém só compareceram 20 pessoas ao treinamento. Onze alunos que participaram do treinamento responderam ao questionário de *feedback*. Podemos analisar assim no Gráfico 2 a nota referente ao minicurso.

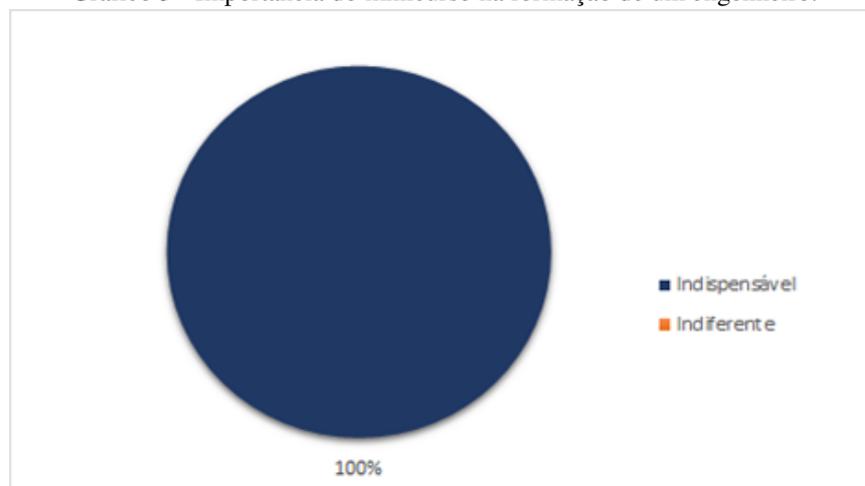
Gráfico 2- Avaliação dos alunos ao Minicurso.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Além da nota ao curso, que a média foi 9,63, os alunos responderam à importância do treinamento na formação de um engenheiro civil, expresso no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Importância do minicurso na formação de um engenheiro.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No gráfico acima, podemos perceber que todos os alunos consideraram indispensável o treinamento, ou seja, podemos inferir que os alunos tenham o desejo de que eventos como estes tenham uma frequência maior. Algumas sugestões dos alunos foram: “Apostilas em PDF”, “Videoaulas compartilhadas” e “Transformar o treinamento em Workshop”.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi realizado durante o planejamento e a execução do treinamento do RSA, foi perceptível o interesse dos alunos em participar de atividades com metodologias mais ativas, integrando a teoria vista em sala de aula com a prática e visualização que a

modelagem no software proporciona. Verificou-se ainda, que esta ferramenta possibilita que o aluno desenvolva suas habilidades e retenha por mais tempo o conteúdo aprendido.

É válido ressaltar que esta ferramenta auxilia e permite que o docente explore o aprendizado baseado em problemas, solicitando que os alunos desenvolvam habilidades em resolver problemas mais complexos. Um tema proposto pelos autores a ser estudado seria: "A utilização do *software RobotStructural* como ferramenta para resolução de problemas aplicado a engenharia estrutural".

Com a análise do *feedback*, destacou-se o resultado do último questionamento, em que todos os alunos que participaram do minicurso afirmaram considerar a aplicação do mesmo indispensável para a formação de um engenheiro. Este resultado implica na necessidade de eventos como este ter maior frequência. Portanto, espera-se, com este estudo, propiciar discussões acerca de tornar as disciplinas deste segmento mais proveitosas tornando o aluno como ponto principal personagem da sua aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Kamila. **A importância da Engenharia Estrutural**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-da-engenharia-estrutural-kamila-amorim>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

BACELAR, F.; RIOS, M.; CARVALHO, T.; Proposta de ensino aprendizagem a ser aplicada em disciplinas de Engenharia Civil na Universidade de Fortaleza. **Revista De Estudos E Pesquisas Sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, 5(10) 2019. <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i10.611>

BARBIERI, J. R. P. **Desenvolvimento e construção de uma bancada didática para ensaio de pórticos**. Panambi: UNIJUÍ, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.

BARROWS, H. S. **Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview**. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996, 3-12.

DELISLE, R. **Como realizar a Aprendizagem Baseada em Problemas**. Porto: ASA, 2000.

LAMBROS, A. **Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms – A Teacher's Guide to Implementation**. Thousand Oaks: Corwin Press, Inc. 2004.

LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química**. In: Bento Silva e Leandro Almeida (Eds.). Comunicação apresentada no VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: CIED - Universidade do Minho, p. 1751-1768, 2005.

LEONHARDT, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto: casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1978a . Volume 2.

SCHÄFER, K.; SCHLAICH, J.. **Consistent Design of Structural Concrete using Strut and Tie Models.** Colóquio sobre comportamento e projecto de Estruturas, Rio de Janeiro, 1988.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP): UM MÉTODO DE APRENDIZAGEM INOVADOR PARA O ENSINO EDUCATIVO. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, p. 182-200, set. 2015.

SULZ, A. R.; TEODORO, A. Evolução do Desenho Técnico e a divisão do trabalho industrial: entre o centro e a periferia mundial. **Revista Lusófona de Educação**, n. 27, p. 93–109, 2014.

VALENTE, A . Análise dos diferentes tipos de softwares usados na Educação. Ministério (Org.). **O Computador na Sociedade do Conhecimento.** Brasil: Coleção Informática Para Mudança Na Educação, 1999.p.71. Disponível em: <<http://conteudo.icmc.usp/sisotani/aulas/SLC0610/livroMEC.pdf#page=71>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

VAZ, L. E. **Método dos elementos finitos em análise de estruturas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ROBOT STRUCTURAL APPLICATION SOFTWARE TRAINING AS A TOOL TO IMPROVE THE TEACHING OF STRUCTURES AT UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Abstract: *This study has the purpose of highlighting the importance of developing a culture of training courses dealing with hands-on practice of undergraduate structural engineering disciplines. Hence, a short course on Robot Structural Analysis Professional software was held at Universidade de Fortaleza within the graduation on civil engineering, after ascertaining the students' interest therein through a poll. The training was four hours long and was designed to develop skills on using the software as well as introducing analysis methods not touched by regular disciplines. Publicization was made via grad-course coordination. Some topics developed on the training were Trusses, Frames, Plane stresses in walls, and structural modelling of a building's structure. A post-training evaluation survey showed a 9.63 out of 10 ratio of acknowledgment that such short courses are indispensable to the formation of engineers.*

Key-words: *Teaching Initiation. Robot Structural Analysis. Structural Engineering Teaching. BIM Platform. Training.*