

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

**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. 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 painéis de alvenaria e modelagem da estrutura de um edifício. A avaliação do minicurso foi feita pelos alunos através de um questionário em que a nota média dada ao treinamento foi 9.63, e todos julgaram indispensável a aplicação de treinamentos para a formação de engenheiros civil.

**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).

Sabendo que o RSA 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. O 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.

## 2 METODOLOGIA

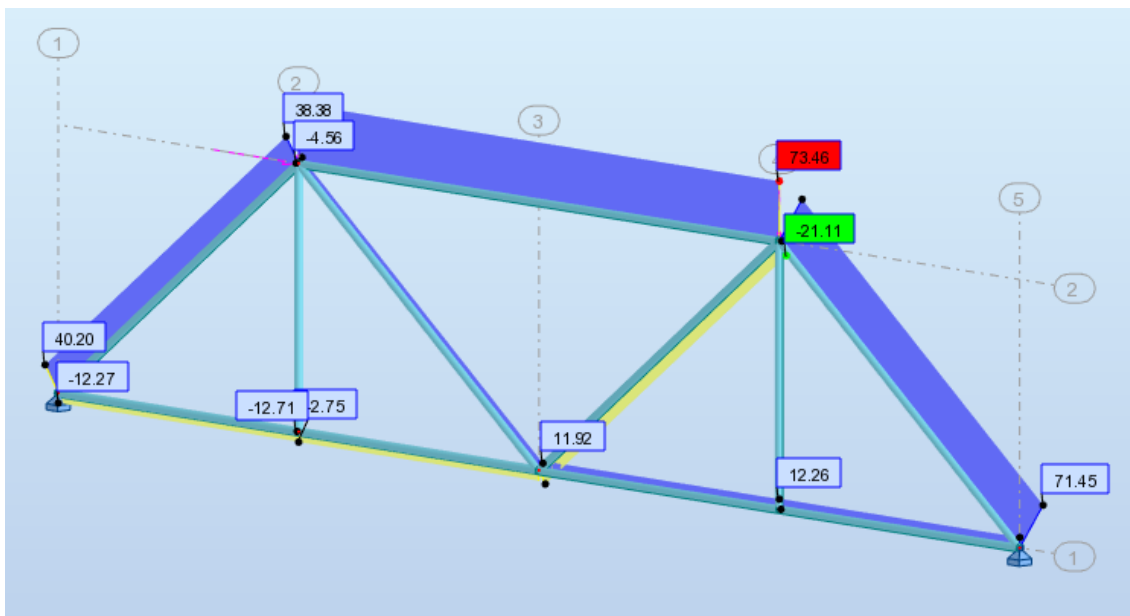
Ao partir do princípio de que o curso de Engenharia Civil da UNIFOR possui apenas disciplinas teóricas de engenharia estrutural ao longo do curso, exceto projeto estrutural, e que nas ementas das disciplinas não são estudados alguns conteúdos indispensáveis para quem pretende seguir esta área de atuação. Nesse contexto 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 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.

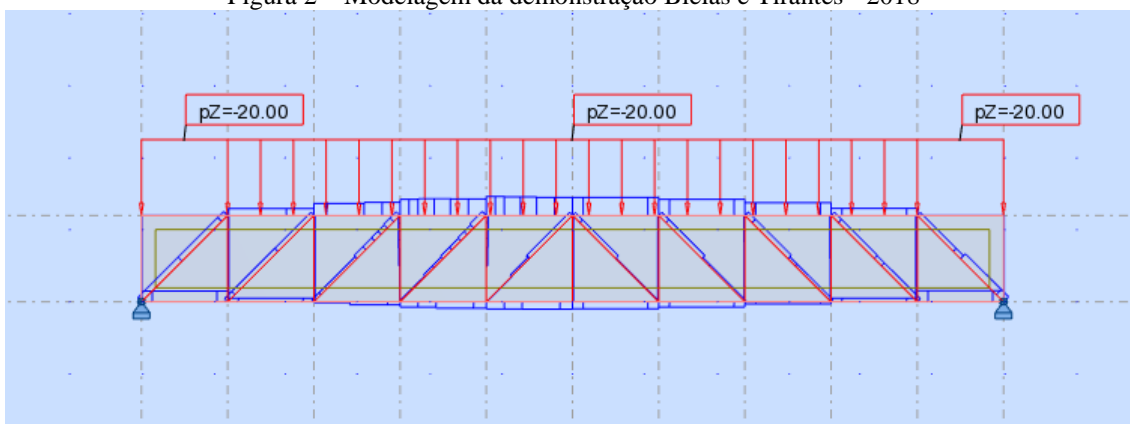
No conteúdo de treliças, optou-se por fazer as seguintes abordagens essenciais: uma treliça tem como principal esforço interno o NORMAL, mesmo quando os nós forem soldados e não articulados, como podemos ver na figura 1; foi comentado também sobre o método conhecido inicialmente como Treliça de Morsch (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 outras estruturas. Para modelar uma viga no minicurso foi adotado a inclinação da biela de 45° como mostra a figura 2.

Figura 1- Modelagem da Trelça no material



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor.

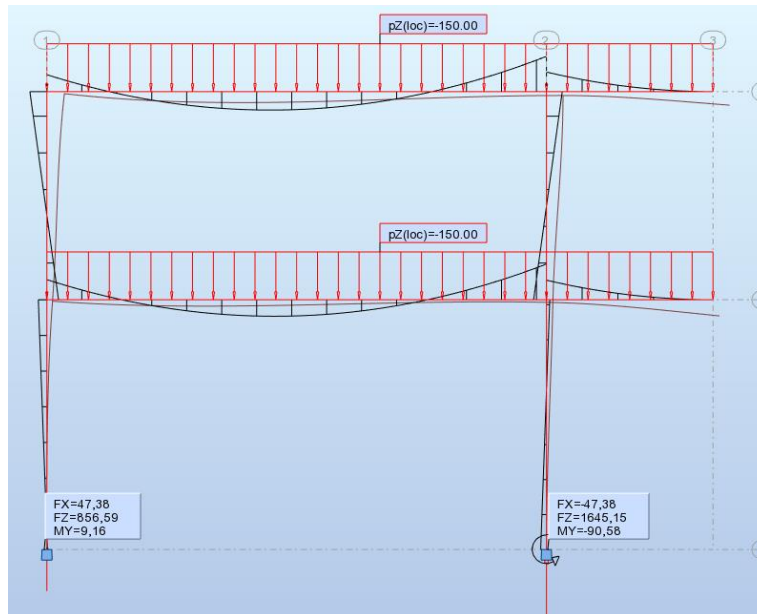
Figura 2 – Modelagem da demonstração Bielas e Tirantes - 2018



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor.

Na segunda parte do material, como mostra a figura 3, foi apresentada 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.

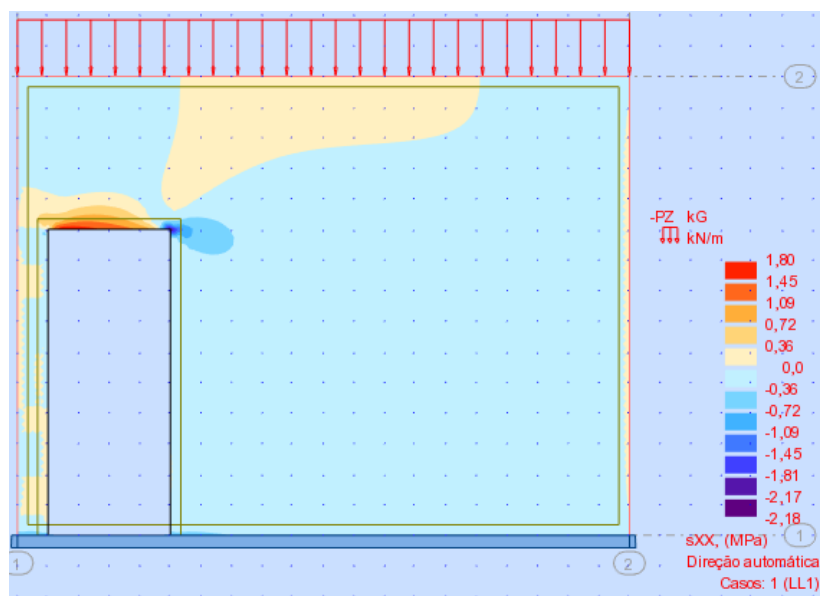
Figura 3 – Pórtico hiperestático -2018



Fonte: Modelagem RSA.

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. (AVELINO, 2013). A figura 5 demonstra o momento da explicação do método pelo facilitador.

Figura 4- Estado plano de tensão em um painel de alvenaria - 2018



Fonte: Modelagem elaborada pelo autor.

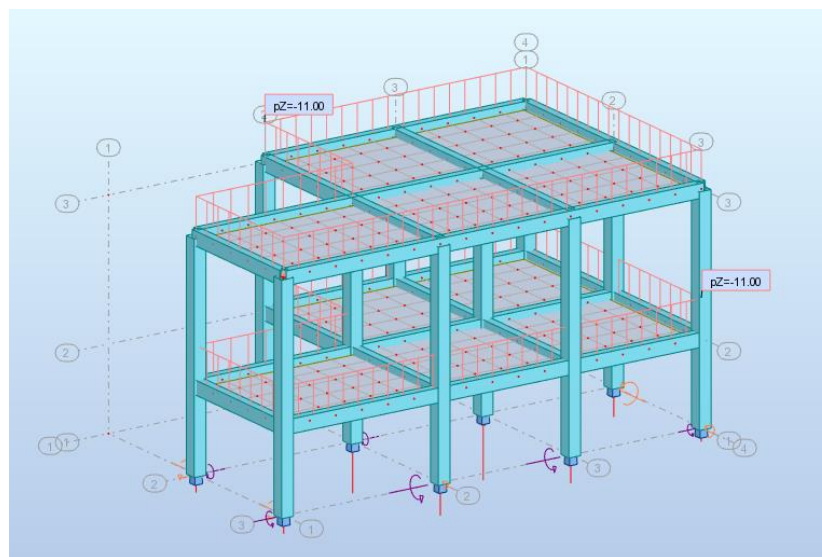
Figura 5- Abordagem de elementos finitos no momento da modelagem no treinamento



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



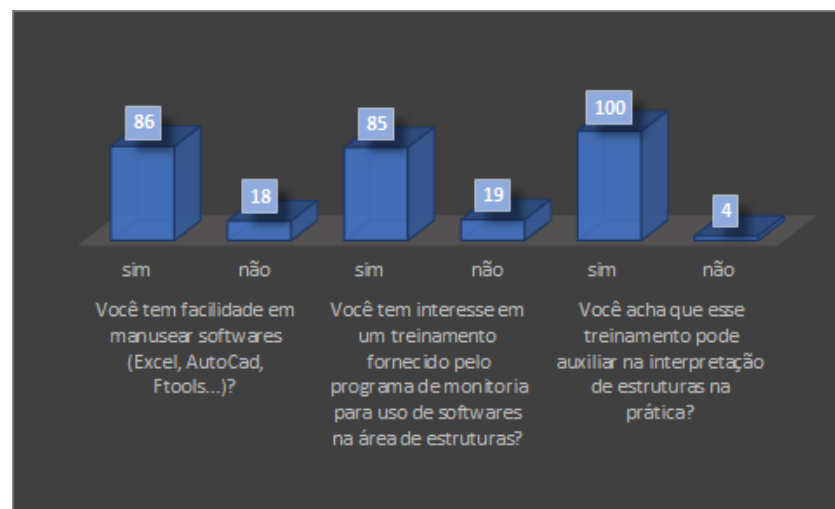
Fonte: Modelagem elaborada pelo autor.

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

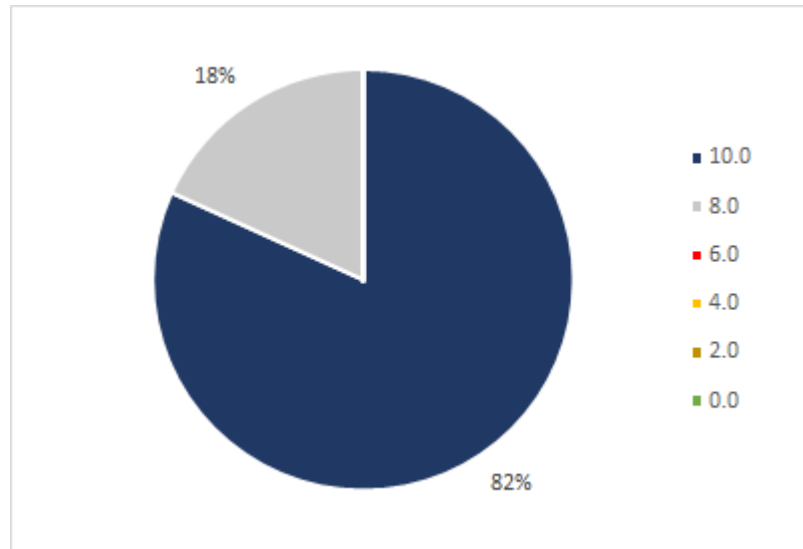


Fonte: Autor.

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.

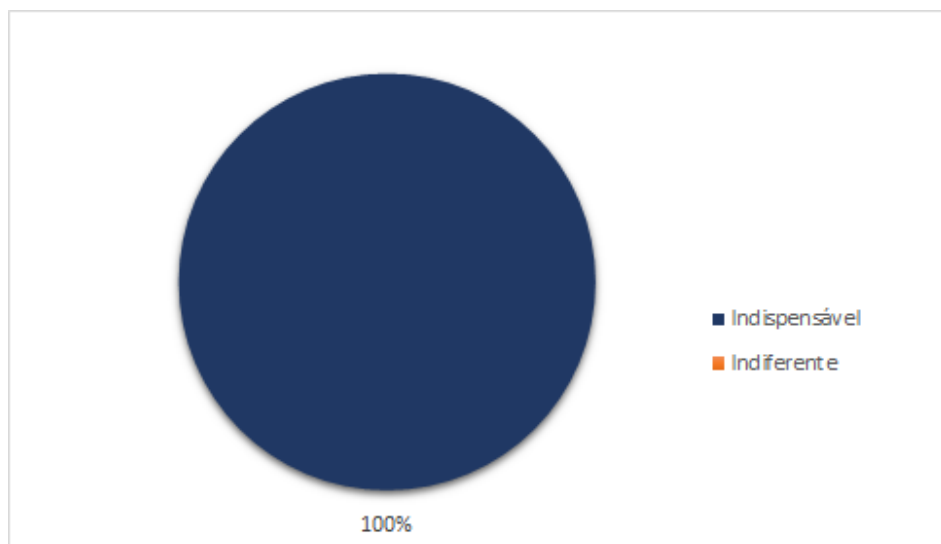
Gráfico 2- Avaliação dos alunos ao Minicurso



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. Algumas sugestões dos alunos foram: “Apostilas em PDF”, “Videoaulas compartilhadas” e “Transformar o treinamento em *Workshop*”.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi realizado durante o planejamento e 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.

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.

### **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e capacidade de fazer a diferença na vida das pessoas. Serei eternamente grato à Francisca Pereira, minha mãe, e a Fernando Bacelar, meu pai, que foram essenciais a minha formação tanto pessoal, quanto educacional.

### **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.

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.

LEONHARDT, F. ;MÖNNING, E. **Construções de concreto: casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1978<sup>a</sup>. 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.

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, José Armando. Análise dos diferentes tipos de softwares usados na Educação. In: DA 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.br/pessoas/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.*

Organização:



Realização:

