





Received:  
March 26, 2022

Accepted:  
April 28, 2022

Published:  
April 30, 2022

## Use of Ansys Workbench Computational Tool Applied to Teaching in Engineering Course

Cristiano Agenor Oliveira de Araújo<sup>1</sup> , Eduardo Lourenço Pinto<sup>1</sup> , Celso Amaral Cordeiro<sup>1</sup> , Gilson Rodrigues de Souza<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Teófilo Otoni, Brazil.

### Email address

cristianoagenor@ufvjm.edu.br (Cristiano A.O. Araújo)

eduardo.lourenco@ufvjm.edu.br (Eduardo L. Pinto)

celso.amaral@ufvjm.edu.br (Celso A. Cordeiro) – Corresponding author

gilson.souza@ufvjm.edu.br (Gilson R. Souza)

### Abstract

The statics of rigid bodies are analyzed and often misunderstood in engineering courses. With the advancement of technology, the use of computational tools can help the “teaching-learning” process and has become increasingly common, promoting the understanding of curriculum components, such as the resolution of theoretical activities and practical exercises. For the development of this work, the classic flat truss exercise was used, taken as the theoretical definition of the problem. Through this definition, we proceeded with a step of numerical modeling using a computational tool ANSYS WORKBENCH Student Version. The results were satisfactory considering the comparison between the calculated (theory) and numerical (CFD) results, corrected for a relative error in the range of 0.01% to 0.39%. In this sense, a numerical simulation is performed efficiently, and the ANSYS computational tool can be proposed in the teaching process of engineering courses.

**Keywords:** Statics, Teaching-Learning Process, Numerical Modeling, Numerical Simulation.

## 1. Introdução

A mecânica dos corpos rígidos é dividida em campos estáticos e dinâmicos. A estática lida com o equilíbrio de corpos, ou seja, objetos fixos ou em movimento a uma velocidade constante, enquanto a dinâmica se concentra no movimento acelerado de corpos, segundo Hibbeler (2010). A estática de corpos rígidos é estudada e conhecida há muitos anos nos cursos de engenharia, arquitetura e outros cursos afins. Pelo fato de ser um assunto muito antigo, a mecânica de sólidos utiliza os meios tradicionais para solução de exercícios, de acordo com Popov (1978).

Com o avanço da tecnologia é cada vez mais comuns o emprego das ferramentas computacionais auxiliar no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas dos cursos de engenharia, facilitando a compreensão de componentes pedagógicos, como por exemplo, na resolução de atividade teórica e na resolução de exercícios práticos, conforme afirma Tenório, Costa e Tenório (2014) são formas de

comunicação e informações que podem contribuir para resolução de tais exercícios e problemas.

De acordo com De Castro (2018) na era tecnológica atual, a análise numérica está cada vez mais presente no cotidiano, sendo utilizada para o desenvolvimento completo de tarefas, na qual é possível criar, modelar e realizar diversos estudos. Nesse sentido, é possível prever o comportamento geométrico, global e local, dos elementos estruturais resistentes e de seus materiais empregados, nas quais podem ser alvo de investigação.

Este artigo busca demonstrar o benefício da integração da ferramenta computacional, o *Software ANSYS WORKBENCH (ANSYS STUDENT 2021 RI)*, versão estudante, aplicado na compreensão e na solução de exercício clássico de estática. A ferramenta ANSYS possui um procedimento numérico de equações que subdivide o domínio de um problema em partes menores, denominados elementos finitos. Estes possibilitam enxergar o problema em pequenas partes, discretizando o

cálculo da estrutura complexa simplificando a simulação numérica.

Além disso, a ferramenta ANSYS permite visualizar, através de uma paleta de cores, os esforços internos nos elementos bem como nos nós da estrutura analisada, possibilitando observar a resposta da simulação e validar a solução do problema proposto. Desta maneira, realiza-se o equilíbrio entre o modelo matemático adotado e o fenômeno físico abordado, esta etapa é fundamental para a convergência de uma simulação numérica.

Assim permite-se a interação e a familiarização com a ferramenta numérica para solucionar problemas e análises de estruturas de diferentes configurações.

A geometria escolhida foi a treliça plana, com diversas aplicabilidades e variações dependendo de seu emprego na engenharia. Esta opção apresenta-se viável para vencer grandes vãos, devido sua distribuição de forças e estabilidade interna. As treliças são dispostas por combinações de triângulos podendo ser observados no dia a dia em diversas estruturas, como por exemplo coberturas, passarelas, pontes e outras. A análise da treliça isostática é fundamental, pois possibilita explorar o comportamento interno das barras ligadas entre si por nós articulados permitindo que trabalhem a compressão ou tração, possibilitando projetar estruturas otimizadas.

## 2. Metodologia.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi utilizado um exercício clássico de treliça plana, conforme Hibbeler (2010), tomado como definição teórica do problema. O exercício proposto é comumente utilizado em disciplinas de mecânica dos sólidos e resistências dos materiais, podendo ter variação quanto a geometria, e ter ainda diversas possibilidades de combinação para formação de treliças.

A partir desta definição do exemplo proposto será desenvolvido o modelo numérico empregando a ferramenta computacional ANSYS, na qual possibilita explorar diversas configurações de arranjos estruturais.

Nesse sentido, utilizou-se o exemplo 6.5 do capítulo 6, segundo Hibbeler (2010) conforme ilustra a Figura (1), na qual o exemplo solicita a determinação dos esforços internos nos elementos GE, GC e BC.

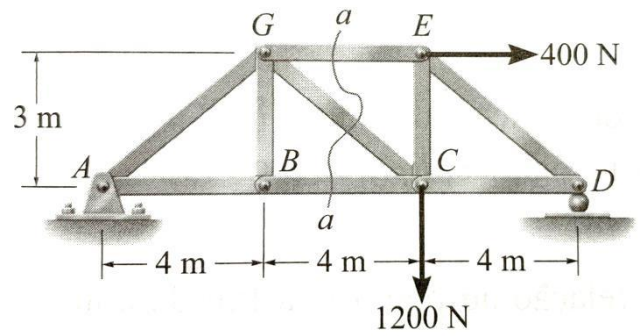


Figura 1–Exercício exemplo de treliça plana (Hibbeler,2010).

Na ferramenta computacional ANSYS WORKBENCH foi escolhido o pacote *Static Structural*, pois trata-se de uma análise estática, conforme ilustra a Figura (2).

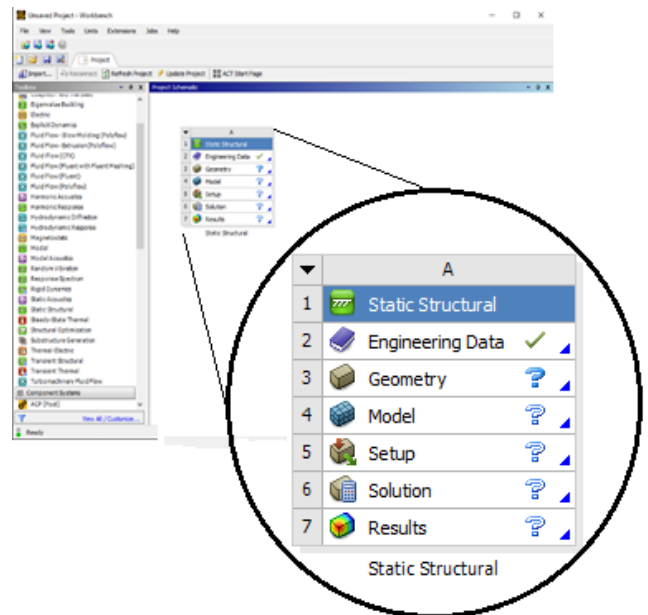


Figura 2 – Sistema computacional ANSYS WORKBENCH.

Na sequência, acessando o *plugin* da biblioteca *Engineering Data*, item nº 2 da análise, seleciona-se o material empregado nas barras do modelo, conforme ilustra a Figura (3).

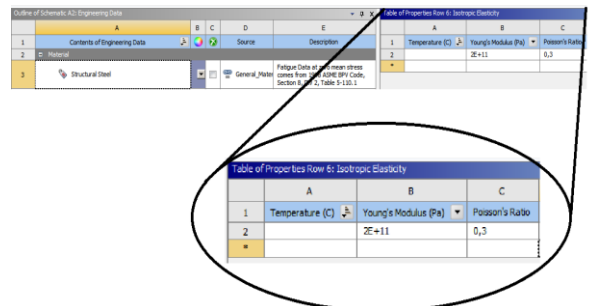


Figura 3 – Acessando a escolha do material utilizado

O material utilizado nas barras foi o aço isotrópico com módulo de elasticidade igual a  $2E+11$  Pa e coeficiente de Poisson igual a 0,3 e área de seção transversal igual a  $78,54\text{cm}^2$ .

Inicialmente elaborou-se um modelo numérico plano, para tanto acessando o item nº 3 da análise, no *plugin Geometry* seleciona-se a plataforma gráfica *SpaceClaim* do *Static Structural*, mantendo todas as dimensões e as características do exercício proposto, conforme ilustra a Figura (4).

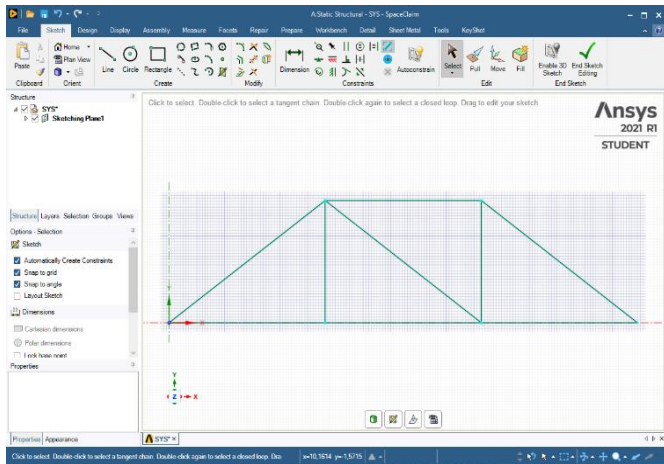


Figura 4 – Modelo Virtual Plano no *SpaceClaim*.

O detalhe da treliça modelada encontra-se na Figura (5), contendo as informações das medidas em metros.

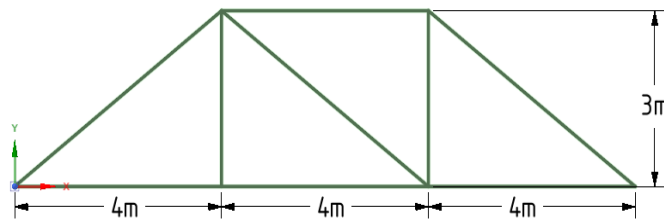


Figura 5 – Modelo Virtual Plano no *SpaceClaim*.

Após a edição da geometria o passo seguinte foi a geração de malha, para tanto acessando o item nº 4 da análise, no *plugin Model* do *Static Structural*, conforme ilustra a Figura (6).

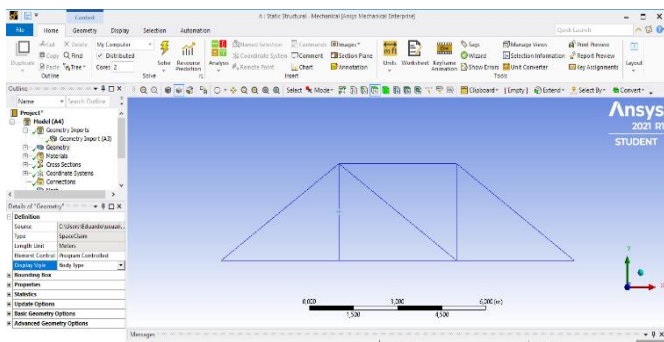


Figura 6 – Modelo Virtual no *plugin Model*.

Subsequente a geração da malha que apresentava elementos compatíveis a estrutura, foi inserido todas as condições de contorno, apoios e forças que atuam nos nós da estrutura.

Na Figura (7) é possível visualizar a aplicação das forças nos pontos  $A = 400\text{N}$  (aplicada na horizontal) e  $B = 1200\text{N}$  (aplicada na vertical). Os apoios foram considerados nos pontos C e D, sendo que no ponto C foi atribuído um apoio de segundo gênero que restringem a translação na vertical e na horizontal, sendo livre a rotação e no ponto D um apoio de primeiro gênero, na qual restringem apenas a translação na vertical.

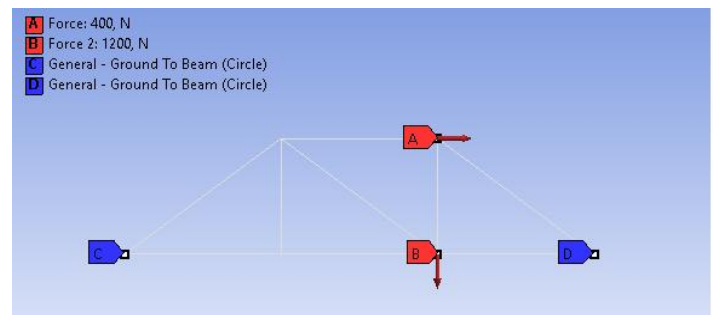


Figura 7 – Forças e condições de contorno inseridas no *plugin Model*.

Na ferramenta *Model* a malha da geometria foi constituída com 21 nós e 12 elementos, devido ao recurso computacional disponível com elemento tamanho de 4 metros, as condições de contorno dos apoios.

Para visualização dos esforços internos das forças axiais em escala gráfica variando a paleta de cores conforme a intensidades das forças atuando nas barras, no *plugin Solution* do *Static Structural*, conforme ilustra a Figura (8).

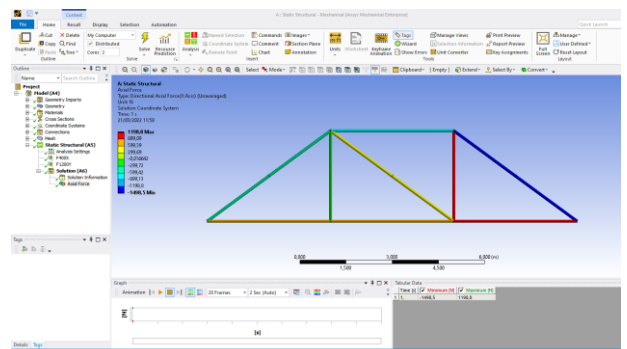


Figura 8 – Análise no *plugin solution* do *static structural*.

Neste trabalho utilizou-se um notebook com processador Intel core i3, com 8 GB de memória ram, atendendo os requisitos mínimos de *hardware* para instalação da versão estudante do ANSYS, conforme a recomendação do fabricante.



### 3. Resultados e Discussões

A simulação numérica realizada com todos os parâmetros e as condições de contorno apresentadas anteriormente, mantendo todas as características dadas pelo exercício proposto. O resultado obtido no software ANSYS foi satisfatório, atingindo resultados próximos aos apresentados no solucionário disponibilizado pelo autor, na qual foi possível realizar a verificação do erro relativo, comparando os resultados obtidos pelo software e o solucionário, na qual o erro relativo é obtido pela equação 1, a seguir:

$$E_{Rx} = \frac{(x - x')}{(x)} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

x = Valor apresentado por Hibbeler (2010);

x' = Valor obtido através do ANSYS.

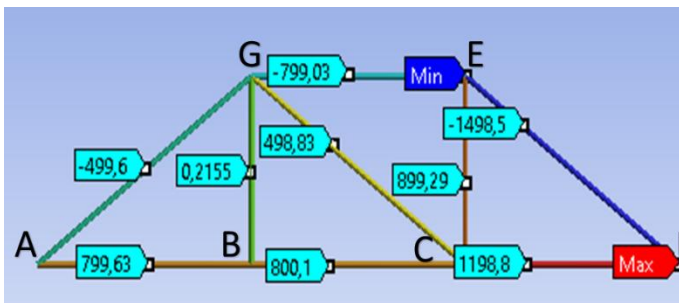


Figura 9 – Resultados das forças atuantes nos elementos através da ferramenta Solution.

Os resultados das forças axiais atuantes nos elementos puderam ser observados na Figura (9), com a convenção de sinais positivo para barras tracionadas e negativo para barras comprimidas. Além disso, na Tabela (1) é possível observar a análise comparativa entre os resultados fornecidos pelo autor Hibbeler e os obtidos pela simulação computacional.

Tabela 1 – Comparativo entre os resultados Hibbeler (2010) e a simulação numérica.

Elementos	Resultados Hibbeler (2010)	Resultados da simulação numérica	Erro Relativo (%)
GE	800,0 N (Compressão)	799,03 N (Compressão)	0,12
GC	500,00 N (Tração)	498,03 N (Tração)	0,39
BC	800,00 N (Tração)	800,10 N (Tração)	0,01

Observa-se que os resultados obtidos na simulação numérica, apresentam a mesma ordem de grandeza proposta por Hibbeler (2010). O sistema ANSYS possibilita uma compreensão do entendimento do comportamento da estrutura de forma didática, através de sua escala de cores que auxilia na observação do caminhamento das forças axiais. Além disso, o sistema permite gerar pequenas animações dinâmicas, mostrando o comportamento da estrutura mediante as forças externas atuantes. Outra vantagem do sistema ANSYS, por ser um *software* 3D é possível a rotação e visualização de diversos ângulos do modelo numérico, ou seja, não apenas se limita a problemas bidimensionais, assim permitindo a aplicação em solução e a visualização de geometrias tridimensionais.

Além disso, como trata-se de uma simulação numérica pode-se explorar outras análises, podendo variar as disposições das barras e explorar a otimização estrutural. O emprego da configuração utilizada considerando a solicitação na barra, permitiu analisar qual melhor material fornece satisfatório desempenho perante as solicitações analisadas de compressão e de tração, de acordo com as forças e apoios dispostos. Ainda, pode-se observar a validação ao utilizar a ferramenta numérica em conjunto com a hipótese matemática teórica, admitindo estender para outras geometrias típicas estudadas nos cursos de engenharia.

### 4. Conclusão

O presente trabalho propôs a realização da simulação numérica de uma treliça plana, utilizando a ferramenta computacional ANSYS WORKBENCH (Static Structural - ANSYS STUDENT 2021 R1). A ferramenta demonstrou-se muito eficiente, desde a edição da geometria, o lançamento das forças, a aplicação das condições de contorno e, por fim, a realização da solução do modelo numérico. O sistema permite a visualização das respostas e a criação de animações, mostrando o comportamento da estrutura perante os esforços solicitantes.

Os resultados das forças axiais, retornado pelo *software* foram satisfatórios, pois apresentou um erro relativo compreendido no intervalo de 0,01% a 0,39%, em comparação com os resultados teóricos. Além disso, observou-se que o ANSYS permite a visualização das forças axiais, para tanto com o auxílio de recursos visuais em escala de cores para representar a intensidade dos esforços internos

solicitantes, assim permitindo melhor interpretação da solução.

A simulação numérica realizada mostrou-se muito eficiente atendendo a proposta estabelecida, possibilitando o emprego das ferramentas computacionais auxiliando no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas dos cursos de engenharia.

No intuito da continuidade de trabalhos futuros, propõe-se a realização de análises em geometrias tridimensionais, por exemplo, o desenvolvimento de outros sistemas treliçados e observar as respostas a serem obtidas, explorando os comportamentos investigados.

## Referências

ANSYS®, 2020. *Structural Analysis Guide, Release 2020 R1, Help System. Mechanical APDL Structural Analysis Guide*. ANSYS, Inc., Canonsburg, PA. 15317, p. 484.

De Castro, E.C., 2018. *Procedimento para análise numérica com software ansys de uma viga em flexão com a forma t*. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 14(1), pp.43-49.  
<https://doi.org/10.5216/reec.v14i1.46511>

Hibbeler, R.C., 2010. *Estática - Mecânica para Engenharia*, 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Popov, E.P., 1978. *Introdução à mecânica dos sólidos*. Editora Blucher.

Tenório, A., Costa, Z.S.S. and Tenório, T., 2014. *Resolução de exercícios e problemas de função polinomial do 1º grau com e sem o GeoGebra*. Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo, 3(2), pp.104–119.