

Roteiro Aula Prática



**RESISTÊNCIA
DOS MATERIAIS**

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Unidade: U1_INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS TENSÕES

Aula: A1_TRELIÇAS

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Realizar cálculo de reação em estruturas para verificar as reações oferecidas pelos apoios.
- Aplicar os conceitos teóricos de tensões de cisalhamento nas ligações de uma treliça, utilizando um software de análise de resistência dos materiais.

SOLUÇÃO DIGITAL: MDSolids

O MDSolids é um software educativo para estudantes de Resistência de Materiais. É constituído por um conjunto de módulos que compreendem os seguintes temas: comportamento de pilares e vigas, flexão, torção, esforço axial, estruturas estaticamente indeterminadas, treliças, propriedades de secções e círculo de Mohr.

O software pode ser acessado em: <https://static-archives.git-pages.mst.edu/mdsolids/>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

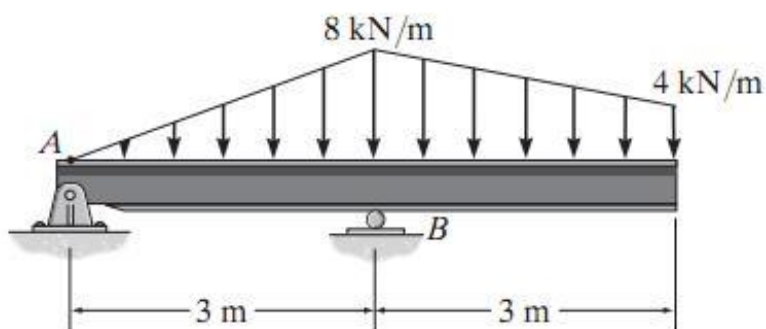
CÁLCULO DE REAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL

Atividade proposta: Calcular as reações de apoio de uma viga bi-apoiada e analisar as forças atuantes em uma estrutura treliçada sob aplicação de um carregamento P. Para isso, será necessário realizar os cálculos primeiramente à mão e, depois, utilizar o software a fim de conferência dos resultados.

1. Cálculo de reação de uma viga bi-apoiada

A viga bi-apoiada, apresentada na figura 1, está em equilíbrio estático. Dessa forma, apresente as reações que os apoios A e B oferecem.

Figura 1 – Viga bi-apoiada sob esforços mecânicos

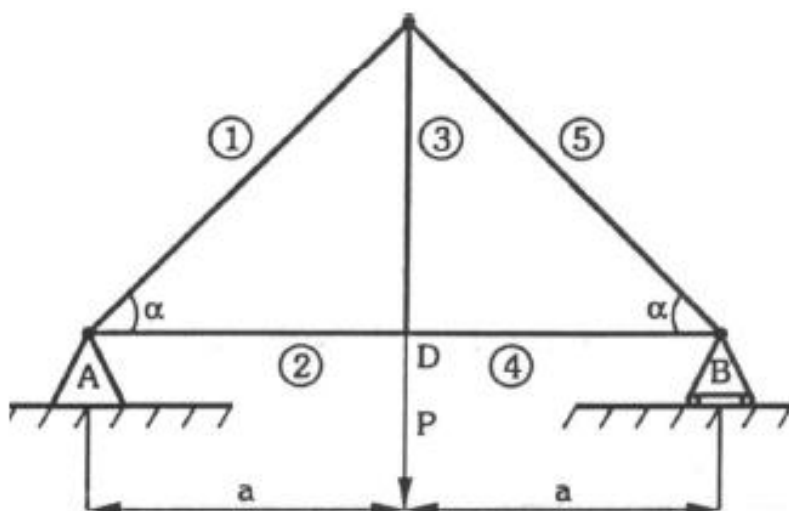


Fonte: elaborada pelo autor.

2. Análise das forças em estrutura treliçada submetida a um carregamento P

Na treliça, representada pela figura 2, um carregamento P é aplicado sobre ela. É dado que $a = 2\text{m}$; $P = 40\text{ kN}$ e a barra 3 possui comprimento 2m . Apresente os valores das forças 1, 2, 3, 4 e 5 que atuam na treliça.

Figura 2 – Estrutura treliçada sob carregamento P



Fonte: <https://goo.gl/rgwavZ>, acessado em 21/10/2022.

Procedimentos para a realização da atividade:

O primeiro passo consiste em calcular as reações de apoio de uma viga bi-apoiada. Feito isso, analisar as forças atuantes em uma estrutura treliçada sob aplicação de um carregamento P.

1. Cálculo de reação de uma viga bi-apoiada

Para realização dessa atividade, acesse o software *Viga OnLine* no link:

<https://www.aprenderengenharia.com.br/viga-online>. Agora, será necessário construir a treliça no software com as informações dadas através da figura 1. Ao abrir o link, teremos a tela inicial do software *Viga Online* conforme figura 3.

Figura 3 – Tela inicial do Software Viga Online

Dados da Viga

Comprimento: m

Fonte: Elaborada pelo autor.

Acrescentamos o comprimento total da viga e clicamos em “Adicionar apoio” 2 vezes, pois temos 2 apoios. Nesse momento, descrevemos a posição e o tipo de cada apoio: apoio A fixo (pino) no início da viga (0m) e apoio B móvel (rolete) a 3m do início. A figura 4 apresenta esse processo.

Figura 4 – Informação dos apoios da estrutura

Dados da Viga

Comprimento: m

1.
Posição: m

2.
Posição: m

Fonte: Elaborada pelo autor.

Próximo passo consiste em acrescentar as cargas. Pela figura 1, temos 2 cargas variáveis atuantes na viga. Assim, clicamos em “Adicionar carga” 2 vezes e preenchemos as informações. Nesse caso, a carga 1 de 8kN é do tipo distribuída, iniciando em 0m com 0N até 3m com 8kN (8000N). A carga 2 também é distribuída, iniciando em 3m com 8kN (8000N) até 6m com 4kN (4000N). A figura 5 Apresenta esse processo.

Figura 5 – Aplicação das cargas

Dados da Viga

Comprimento: 6 m

Adicionar Apoio

1. Pino

Posição: 0 m

X

2. Rolete

Posição: 3 m

X

Adicionar Carga

1. Força Distribuída

Posição inicial: 0 m

Posição final: 3 m

Valor inicial: 0 N/m

Valor final: 8000 N/m

X

2. Força Distribuída

Posição inicial: 3 m

Posição final: 6 m

Valor inicial: 8000 N/m

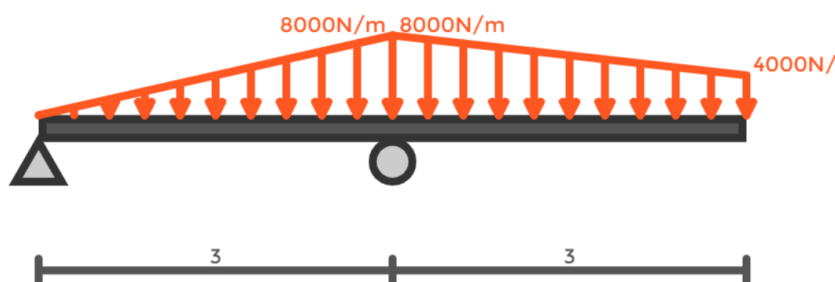
Valor final: 4000 N/m

X

Fonte: Elaborada pelo autor.

Feito isso, desça a página e a viga está pronta (Figura 6)!

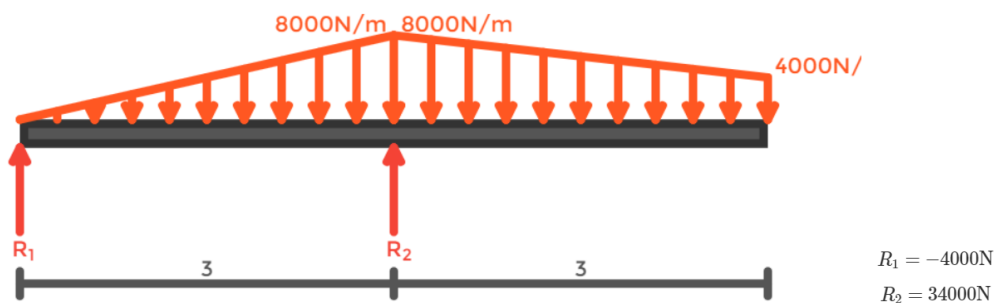
Figura 6 – Viga bi-apoiada sob esforços mecânicos



Fonte: Figura elaborada pelo autor.

Compare com a viga fornecida pelo exercício (figura 1) e se estiver ok, clique em “Resolver viga”. O software fará os cálculos de reação e fornecerá os resultados (figura 7) e, ainda, trará explicações de como desenvolver os cálculos. Por fim, faça os cálculos de forma manual, aplicando os conceitos vistos em aula, e compare os resultados.

Figura 7 – Cálculo de reação

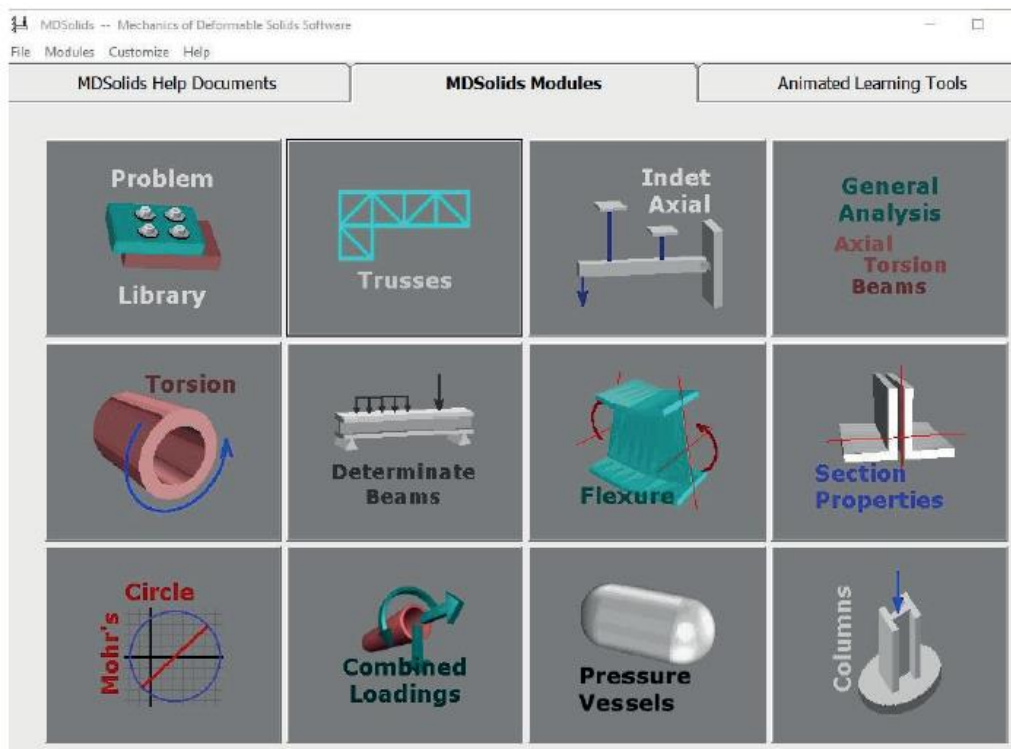


Fonte: Figura elaborada pelo autor.

2. Análise das forças em estrutura treliçada submetida a um carregamento P

Para a realização desta atividade, primeiramente deve-se abrir o software MDSolids. Em seguida clicar no quadrado Trusses na aba MDSolids Modules, conforme figura 8.

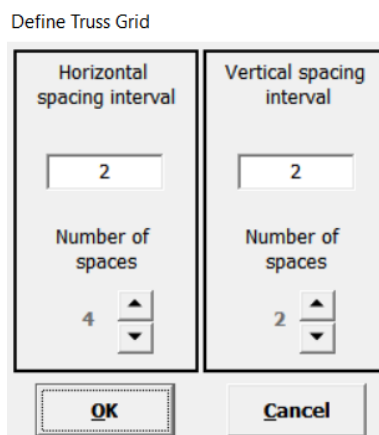
Figura 8 – Tela inicial do software MDSolids.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro do módulo de treliça, acione o botão New Truss e defina os espaçamentos de referência para inserção da treliça, para esta atividade insira espaçamento de 2m na horizontal e 2m na vertical, conforme figura 9.

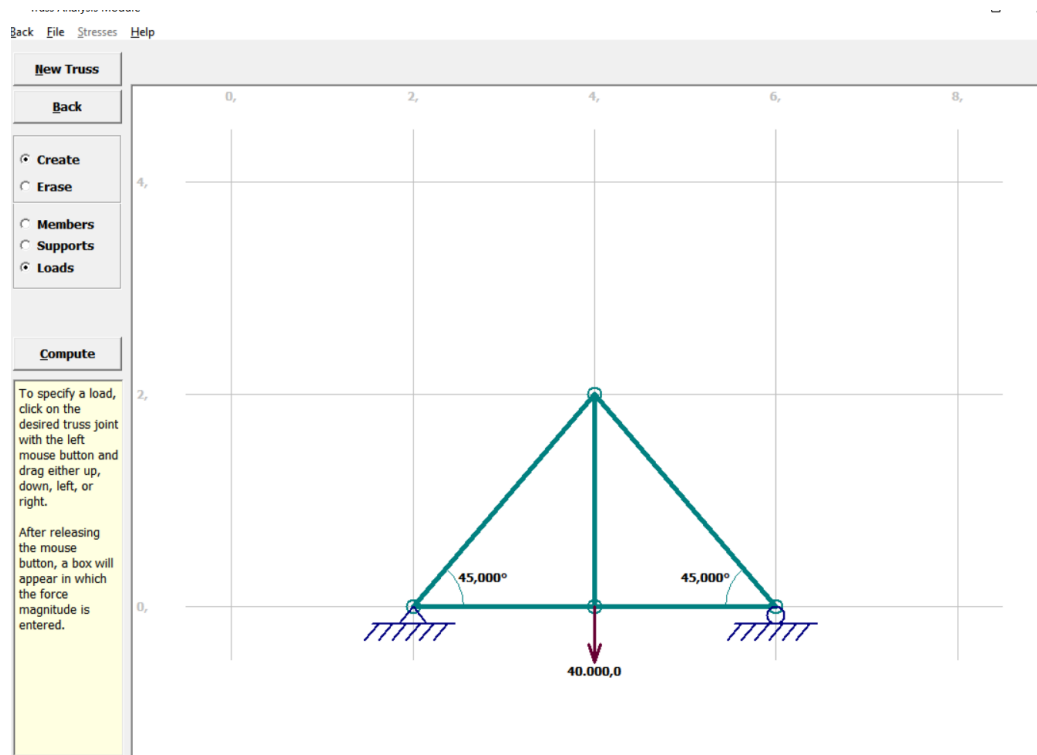
Figura 9 – Interface de inserção dos dados da treliça.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora com o item Create acionado, crie as barras (member), os apoios (supports) e por último os carregamentos (loads) de acordo com o enunciado, conforme figura 10.

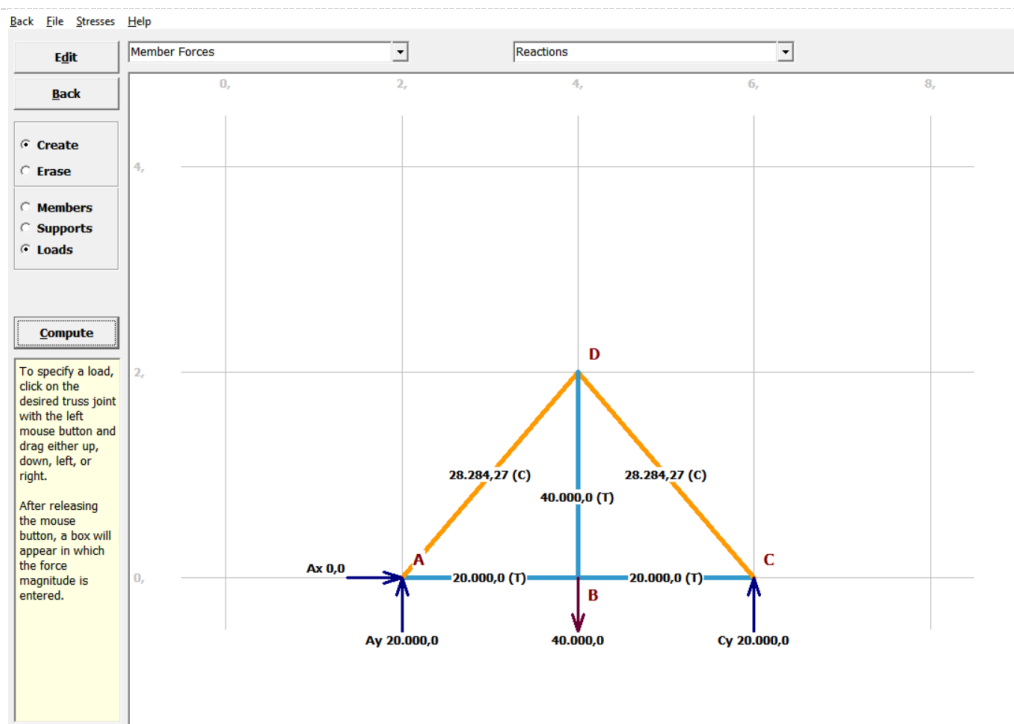
Figura 10 – Interface do módulo de treliça.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após inseridos todos os dados, acione o botão compute para determinar os resultados dos esforços, conforme figura 11. Por fim, faça os cálculos de forma manual, aplicando os conceitos vistos em aula, e compare os resultados.

Figura 11 – Resultados dos esforços da treliça.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliando os resultados:

1. Faça o cálculo de reação para a estrutura bi-apoiada apresentada na Figura 1 e encontre as reações que os apoios A e B oferecem para manterem a estrutura e equilíbrio. Compare os valores com os obtidos através do software. São iguais?
2. Calcule os valores para as forças 1, 2, 3, 4 e 5 que atuam nas barras da treliça apresentada pela Figura 2. Compare os valores com os obtidos através do software. São iguais?

Checklist:

Parte 1

- ✓ Abrir o Viga Online;
- ✓ Construir a viga segundo as informações fornecidas;
- ✓ Clicar em Resolver Viga para obter os resultados.

Parte 2

- ✓ Abrir o software MDSolids;
- ✓ Acionar o botão Trusses na aba MDSolids Modules;
- ✓ Acionar o botão New Truss;
- ✓ Inserir as barras (member), os apoios (supports) e por último os carregamentos (loads).
- ✓ Acionar o botão compute para obter os resultados.
- ✓ Avaliar os resultados.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas e as referências bibliográficas ABNT, quando houver. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática será possível compreender como realizar o cálculo de reação em estruturas isostáticas, do tipo viga e treliça, encontrando as reações que os apoios oferecem para manter a estrutura em equilíbrio e as demais informações necessárias para análise estrutural.

Roteiro Aula Prática



**RESISTÊNCIA
DOS MATERIAIS**

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Unidade: U2_CONCEITOS DE TENSÃO E DEFORMAÇÃO

Aula: A3_COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Aplicar os conceitos teóricos de comportamento dos materiais utilizando um software de análise de resistência dos materiais.

SOLUÇÃO DIGITAL: MDSolids

O MDSolids é um software educativo para estudantes de Resistência de Materiais. É constituído por um conjunto de módulos que compreendem os seguintes temas: comportamento de pilares e vigas, flexão, torção, esforço axial, estruturas estaticamente indeterminadas, treliças, propriedades de secções e círculo de Mohr.

O software pode ser acessado em: <https://static-archives.git-pages.mst.edu/mdsolids/>.

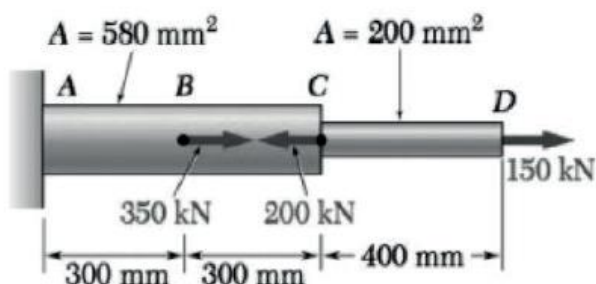
PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE UM ELEMENTO ESTRUTURAL

Atividade proposta: Determinar a deformação na barra para o carregamento apresentado na figura 1, sabendo que o segmento AC apresenta $E = 250\text{GPa}$ e o segmento CD apresenta $E = 200\text{GPa}$. Realize os cálculos primeiramente à mão e utilize o software a fim de conferência dos resultados.

Figura 1 – Desenho esquemático de uma barra com carregamento axial

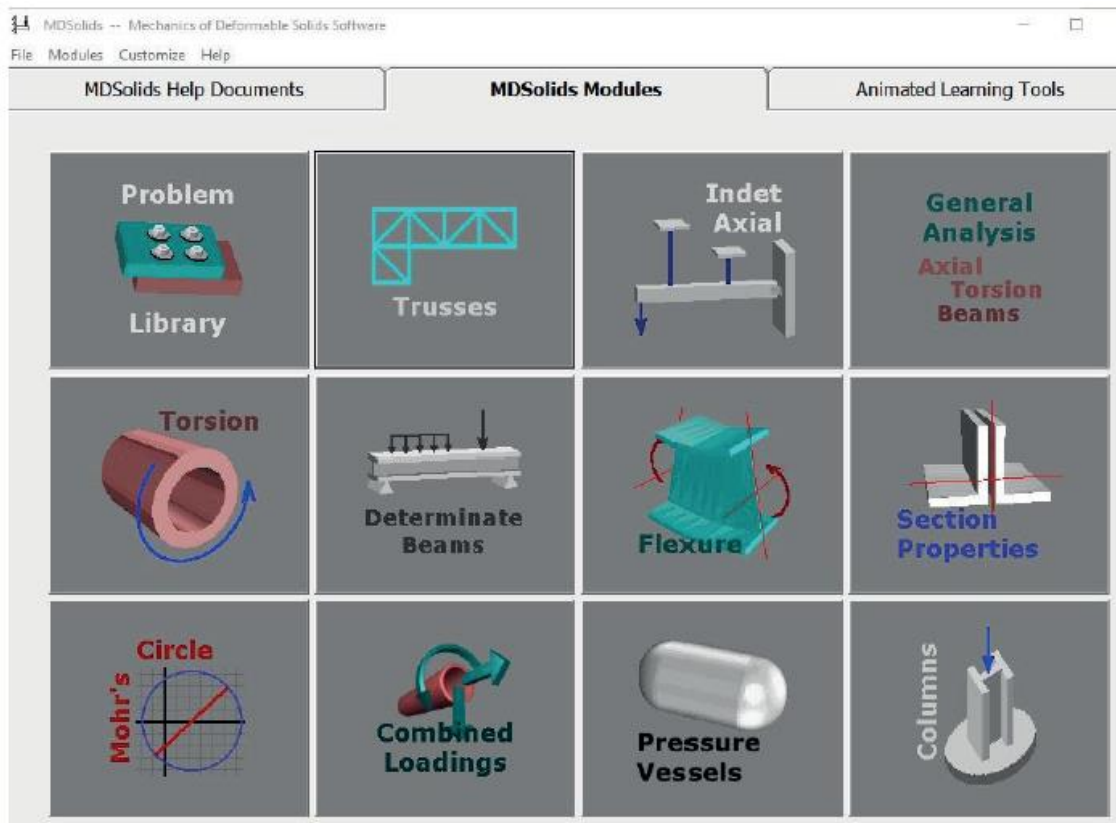


Fonte: Beer et al. (2015, p. 63)

Procedimentos para a realização da atividade:

Para a realização desta atividade, primeiramente deve-se abrir o software MDSolids. Em seguida clicar no quadrado Problem Library na aba MDSolids Modules, conforme figura 2.

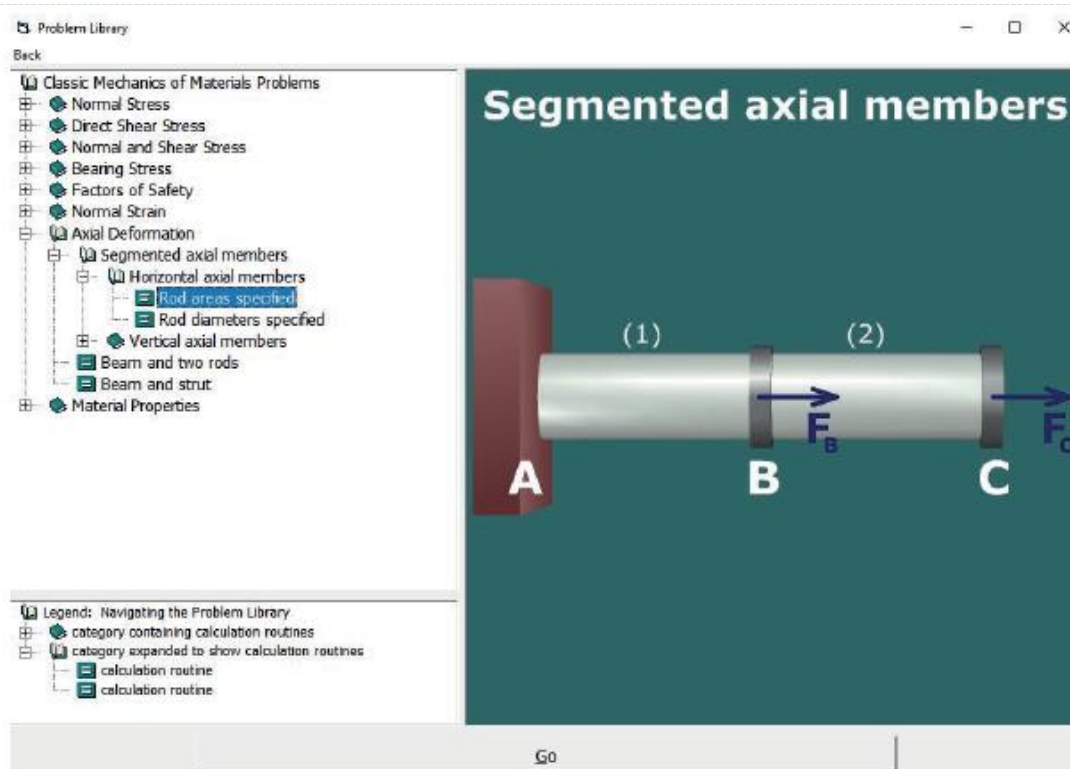
Figura 2 – Tela inicial do software MDSolids.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro deste módulo, para abrir o exercício dentro do software, observe a lista ao lado esquerdo da figura 3 e abra os links conforme a seguinte ordem: Axial Deformation > Segmented axial members > Horizontal axial members > Rod áreas specified.

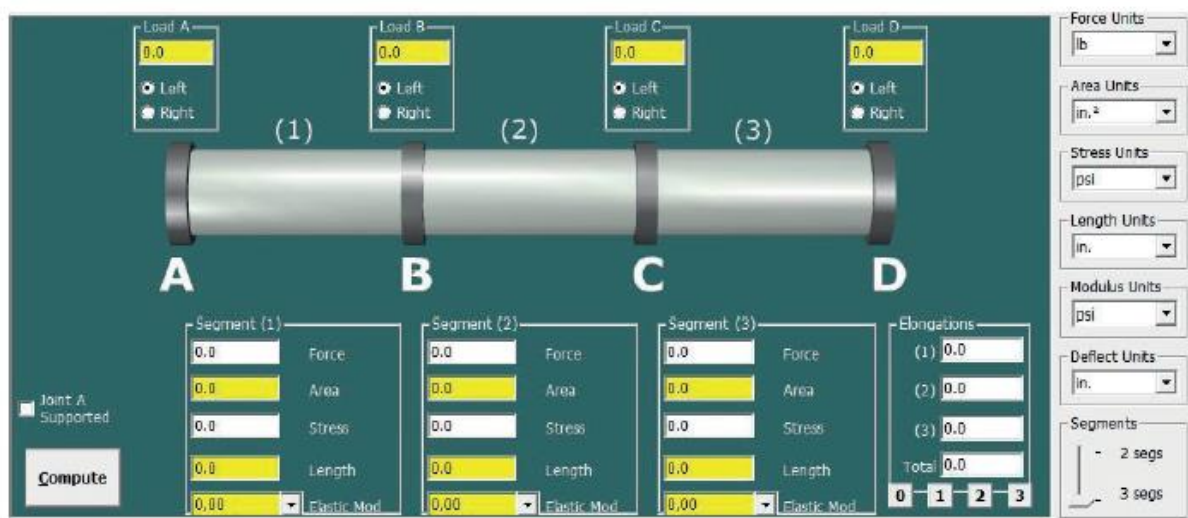
Figura 3 – Interface de apresentação do módulo Problem Library.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizando os passos indicados, irá aparecer um elemento estrutural conforme a figura 4.

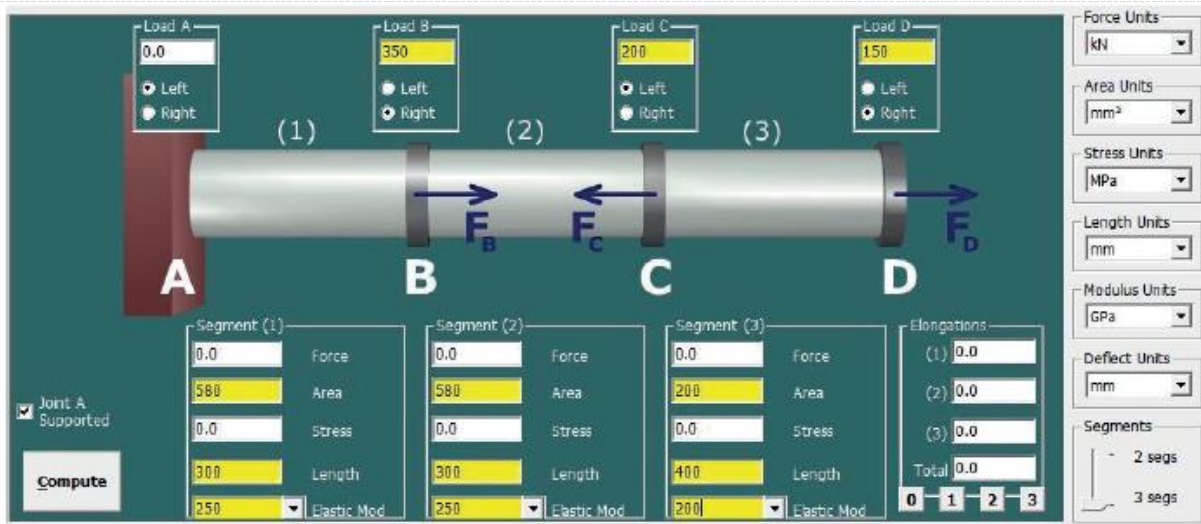
Figura 4 – Interface de inserção de dados para resolução do exercício.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora, será necessário ajustar as unidades na coluna da direita, e preencher as informações do enunciado nas células amarelas. Este passo, irá ficar conforme a imagem descrita pela figura 5.

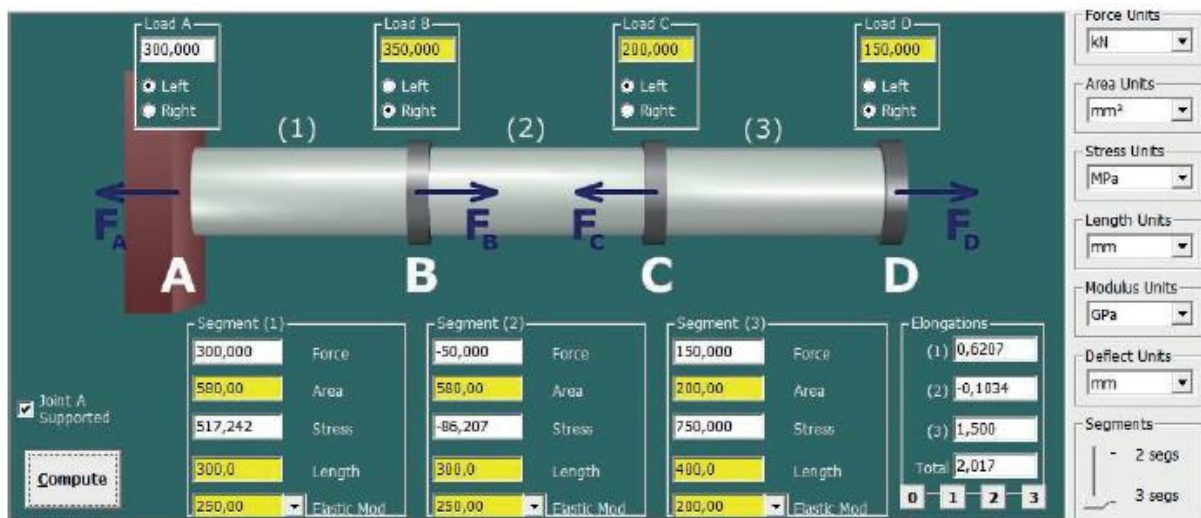
Figura 5 – Apresentação dos dados e unidades ajustadas no programa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após preenchido todos os dados corretamente, devemos calcular as deformações (Elongations) apertando o botão Compute. O programa irá apresentar as deformações na Elongations para cada segmento da barra. Será informado também o total do elemento estrutural. E ainda, são apresentados os resultados das forças (Force) e tensão (Stress) nas três primeiras colunas para cada segmento, conforme apresentado na figura 6.

Figura 6 – Apresentação dos resultados de deformação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliando os resultados:

1. Qual a deformação na barra devido ao carregamento aplicado?
2. Os dados obtidos através do software e dos cálculos à mão foram os mesmos? Houve divergência? Qual motivo?

Checklist:

- ✓ Abrir o software MDSolids;
- ✓ Acionar o botão Problem Library na aba MDSolids Modules;
- ✓ Abrir o link do exercício seguindo os seguintes passos: Axial Deformation > Segmented axial members > Horizontal axial members > Rod áreas specified;
- ✓ Ajustar as unidades na coluna da direita, e preencher as informações do enunciado nas células amarelas.
- ✓ Acionar o botão compute para obter os resultados.
- ✓ Avaliar os resultados.

RESULTADOS**Resultados do experimento:**

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas e as referências bibliográficas ABNT, quando houver. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática será possível analisar o comportamento de um material segundo a aplicação de esforços axiais.

Roteiro Aula Prática



**RESISTÊNCIA
DOS MATERIAIS**

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Unidade: U3_ESTUDO_DAS_RELAÇÕES_TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Aula: A3_ESTADO_PLANO_DE_TENSÕES

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Aplicar os conceitos teóricos de estado plano de tensões utilizando um software de análise de resistência dos materiais.

SOLUÇÃO DIGITAL: MDSolids

O MDSolids é um software educativo para estudantes de Resistência de Materiais. É constituído por um conjunto de módulos que compreendem os seguintes temas: comportamento de pilares e vigas, flexão, torção, esforço axial, estruturas estaticamente indeterminadas, treliças, propriedades de secções e círculo de Mohr.

O software pode ser acessado em: <https://static-archives.git-pages.mst.edu/mdsolids/>.

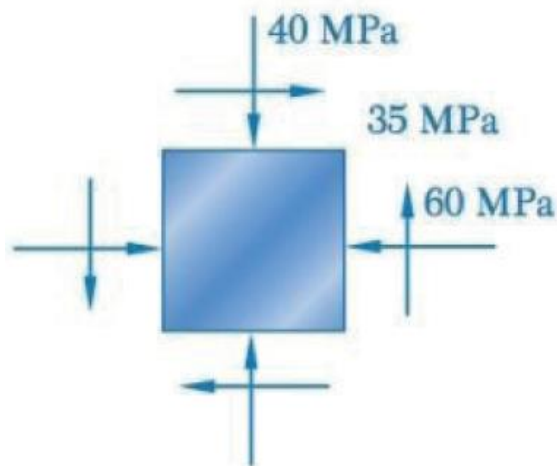
PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

TENSÕES PRINCIPAIS PARA O ESTADO DE TENSÃO

Atividade proposta: Determine as tensões principais para o estado de tensão apresentado na Figura 1 e obtenha o círculo de Mohr. Realize os cálculos primeiramente à mão e utilize o software a fim de conferência dos resultados.

Figura 1 – Estado de Tensão

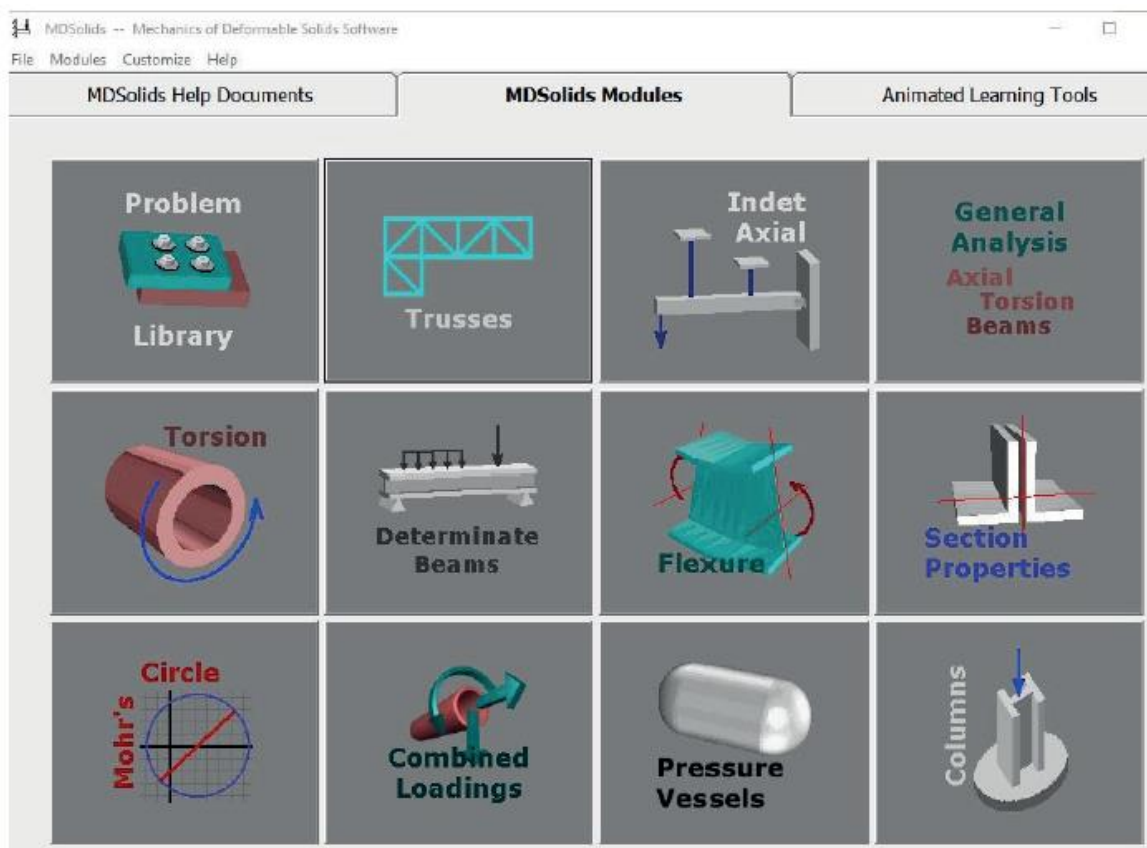


Fonte: Beer et al. (2015, p. 462).

Procedimentos para a realização da atividade:

Para a realização desta atividade, primeiramente deve-se abrir o software MDSolids. Em seguida clicar no quadrado Mohr's Circle na aba MDSolids Modules, conforme Figura 2.

Figura 2– Tela inicial do software MDSolids.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro do módulo do círculo de Mohr, o programa irá apresentar uma tela para ser inseridos os valores das tensões, conforme figura 3.

Figura 3 – Interface de inserção dos dados do estado de tensão.

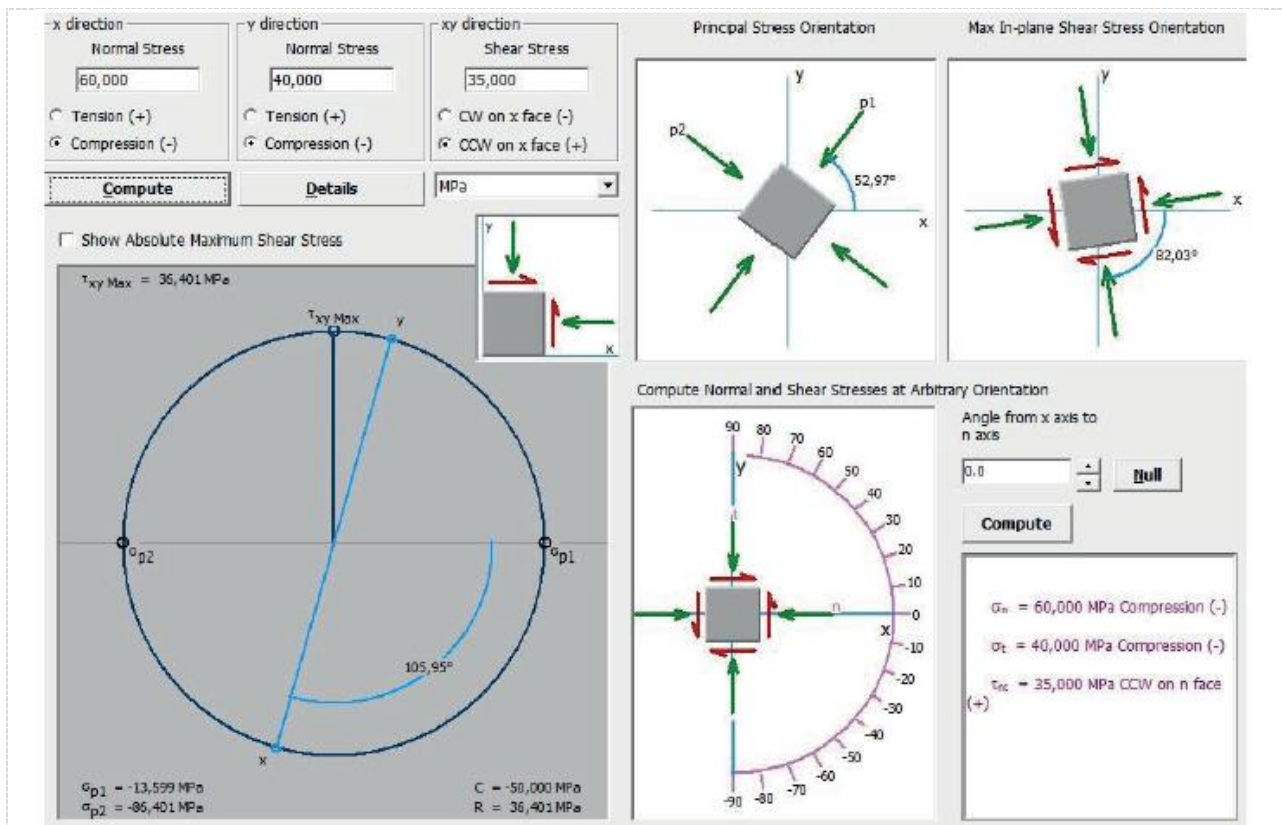
The image shows a software interface for entering stress data. It is divided into three main sections for input: 'x direction', 'y direction', and 'xy direction'. Each section has a text input field containing the value '0.0'. Below the 'x direction' and 'y direction' sections are two radio button options: 'Tension (+)' (selected) and 'Compression (-)'. Below the 'xy direction' section are two radio button options: 'CW on x face (-)' (selected) and 'CCW on x face (+)'. Below these input sections are two buttons: 'Compute' and 'Details'. To the right of these buttons is a dropdown menu currently showing 'psi'. Below the buttons is a checkbox labeled 'Show Absolute Maximum Shear Stress' which is currently unchecked. On the right side of the interface, there is a small diagram showing a coordinate system with 'x' and 'y' axes and a shaded rectangular area.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Insira os valores das tensões normais e de cisalhamento com o sentido correto. Ajuste a unidade conforme os dados fornecidos no enunciado da atividade. Em seguida, acione o botão Compute e depois o Details.

O programa irá apresentar os resultados das tensões principais, a tensão de cisalhamento máxima e os ângulos dos planos de tensão (Normal stress, shear stress, principal stress orientation). Todas essas informações são apresentadas no círculo de Mohr a esquerda da figura e nos planos de tensões desenhado a direita da figura 4.

Figura 4 – Apresentação dos resultados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliando os resultados:

1. Quais as tensões principais para o estado plano de tensão apresentado pela figura 1? Os resultados obtidos pelo software são os mesmos que os obtidos pelo cálculo à mão?
2. Apresente o círculo de Mohr para o estado plano de tensão em estudo.

Checklist:

- ✓ Abrir o software MDSolids;
- ✓ Acionar o botão Mohr's Circle na aba MDSolids Modules;
- ✓ Inserir os valores das tensões normais e de cisalhamento com o sentido correto;
- ✓ Ajustar a unidade conforme o enunciado;
- ✓ Acionar o botão compute e details para obter os resultados;
- ✓ Avaliar os resultados.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas e as referências bibliográficas ABNT, quando houver. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática será possível analisar as tensões principais de um estado plano de tensões, construir e analisar o círculo de Mohr.

Roteiro Aula Prática



**RESISTÊNCIA
DOS MATERIAIS**

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Unidade: U4_ESTUDO DE TORÇÃO NO REGIME ELÁSTICO

Aula: A1_TENSÕES NO REGIME ELÁSTICO

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Aplicar os conceitos teóricos de torção no regime elástico utilizando um software de análise de resistência dos materiais.

SOLUÇÃO DIGITAL: MDSolids

O MDSolids é um software educativo para estudantes de Resistência de Materiais. É constituído por um conjunto de módulos que compreendem os seguintes temas: comportamento de pilares e vigas, flexão, torção, esforço axial, estruturas estaticamente indeterminadas, treliças, propriedades de secções e círculo de Mohr.

O software pode ser acessado em: <https://static-archives.git-pages.mst.edu/mdsolids/>.

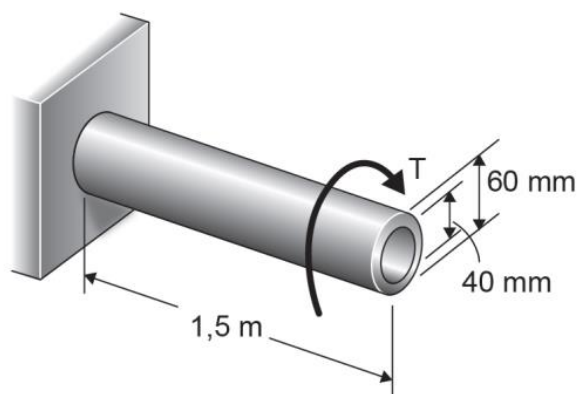
PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

TORQUE E CISALHAMENTO EM UM TUBO

Atividade proposta: A Figura 1 apresenta as dimensões de um tubo sob esforço de um torque T . Determine o torque aplicado sabendo que a tensão de cisalhamento é de 120MPa. Realize os cálculos primeiramente à mão, e utilize o software a fim de conferência dos resultados.

Figura 1 – Torque aplicado à extremidade de um tubo

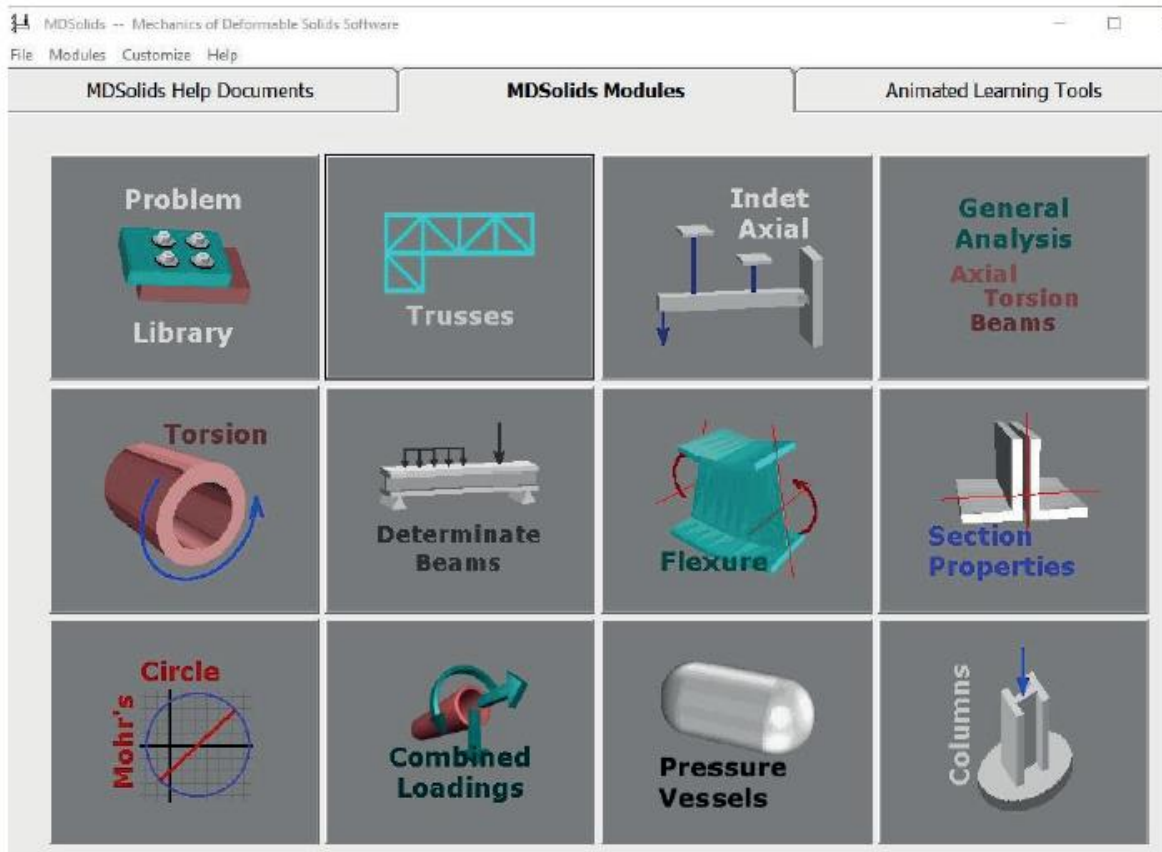


Fonte: Beer et al. (2015, p. 144).

Procedimentos para a realização da atividade:

Para a realização desta atividade, primeiramente deve-se abrir o software MDSolids. Em seguida clicar no quadrado Torsion na aba MDSolids Modules, conforme figura 2.

Figura 2 – Tela inicial do software MDSolids.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para esta atividade, a tela que abrir já será a que realizaremos os cálculos (figura 3).

Figura 3 – Torção em barras vazadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

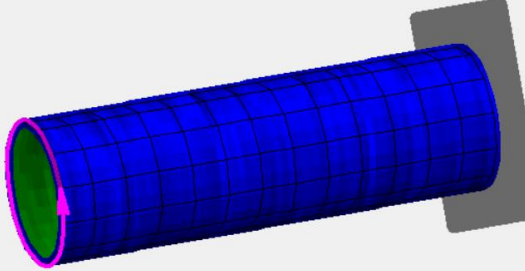
Nas colunas a direita, ajuste as unidades, selecione as opções que serão inseridos os valores e descreva as informações do enunciado, conforme apresentado na figura 4.

Figura 4 – Apresentação dos dados e unidades ajustadas no programa.

Torsion Module - Simple Torsion

Back File Analysis Options Help

State of stress at a typical point in the shaft



Torque Orientation
 Clockwise
 Counterclockwise

Further explanations

Shearing Stress

Torque

120 Shear Stress

60 Outside Diameter

0,67 Ratio ID / OD

Inside Diameter

Select 2 or 3 input variables

Angle of Twist

Shaft Length

Twist Angle

0,00 Shear Modulus

J (mm⁴)

Select 2 or 3 input variables from this group

Optional Effects

Axial Force

Tension Compression

Pressure

Internal External

Power Units: hp

Speed Units: rpm

Torque Units: kN-m

Stress Units: MPa

Diameter Units: mm

Length Units: m

Angle Units: radians

Modulus Units: GPa

Force Units: kN

Pressure Units: MPa

Compute Mohr's Circle

Fonte: Elaborado pelo autor.

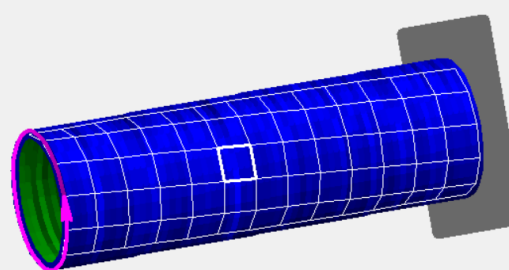
Em seguida, acione o botão compute e obtenha os resultados, conforme a figura 5.

Figura 5 – Apresentação dos resultados

Torsion Module - Simple Torsion

Back File Analysis Options Help

State of stress at a typical point in the shaft



Torque Orientation
 Clockwise
 Counterclockwise

Shaft twist angle exaggerated for clarity

Further explanations

Torsion Module - Simple Torsion

Compute the shaft torque from the shear stress, the polar moment of inertia, and the shaft radius.

Shaft Torque $T = (120,000 \text{ MPa} \times 1,02\text{E}+06 \text{ mm}^4) \div 30,0 \text{ mm} = 4,064 \text{ kN-m}$

Note: Make the units consistent before performing the hand calculation.

Combined Stresses

Torsion creates shear stress in the shaft. Referring to a typical stress element from the shaft, this stress acts on a longitudinal face (i.e., x face) in the circumferential direction (i.e., y direction) and on a circumferential face (i.e., y face) in a longitudinal direction (i.e., x direction). The magnitude of the shear stress in the shaft is $\tau_{xy} = 120,000 \text{ MPa}$.

Shearing Stress

Torque

4,064 Shear Stress

120,000 Outside Diameter

60,0 Ratio ID / OD

40,2 Inside Diameter

Select 2 or 3 input variables

Angle of Twist

Shaft Length

Twist Angle

Null Shear Modulus

1,02E+06 J (mm⁴)

Select 2 or 3 input variables from this group

Optional Effects

Axial Force

Tension Compression

Pressure

Internal External

Power Units: hp

Speed Units: rpm

Torque Units: kN-m

Stress Units: MPa

Diameter Units: mm

Length Units: m

Angle Units: radians

Modulus Units: GPa

Force Units: kN

Pressure Units: MPa

Compute Mohr's Circle

Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliando os resultados:

1. Qual o valor obtido para o torque T?
2. Os dados calculados foram os mesmos obtidos através do software?

Checklist:

- ✓ Abrir o software MDSolids;
- ✓ Acionar o botão Torsion na aba MDSolids Modules;
- ✓ Ajustar as unidades na coluna da direita, e preencher as informações do enunciado.
- ✓ Acionar o botão compute para obter os resultados;
- ✓ Avaliar os resultados.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas e as referências bibliográficas ABNT, quando houver. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática será possível analisar tensão de cisalhamento e o torque atiante em eixos circulares vazados.