

# INSTRUÇÕES GERAIS

1. Nesse experimento você irá aprender como determinar constante elásticas de molas e analisar suas associações.
2. Utilize a seção **“Recomendações de Acesso”** para melhor aproveitamento da experiência virtual e para respostas às perguntas frequentes a respeito do VirtuaLab.
3. Caso não saiba como manipular o Laboratório Virtual, utilize o **“Tutorial VirtuaLab”** presente neste Roteiro.
4. Caso já possua familiaridade com o Laboratório Virtual, você encontrará as instruções para realização desta prática na subseção **“Procedimentos”**.
5. Ao finalizar o experimento, responda aos questionamentos da seção **“Avaliação de Resultados”**.

# RECOMENDAÇÕES DE ACESSO

## PARA ACESSAR O VIRTUALAB

### ATENÇÃO:

O LABORATÓRIO VIRTUAL **DEVE SER ACESSADO POR COMPUTADOR**. ELE NÃO DEVE SER ACESSADO POR CELULAR OU TABLET.

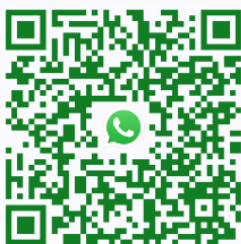
O REQUISITO MÍNIMO PARA O SEU COMPUTADOR É UMA **MEMÓRIA RAM DE 4 GB**.

SEU PRIMEIRO ACESSO SERÁ UM POUCO MAIS LENTO, POIS ALGUNS PLUGINS SÃO BUSCADOS NO SEU NAVEGADOR. A PARTIR DO SEGUNDO ACESSO, A VELOCIDADE DE ABERTURA DOS EXPERIMENTOS SERÁ MAIS RÁPIDA.

1. Caso utilize o Windows 10, dê preferência ao navegador Google Chrome;
2. Caso utilize o Windows 7, dê preferência ao navegador Mozilla Firefox;
3. Feche outros programas que podem sobrecarregar o seu computador;
4. Verifique se o seu navegador está atualizado;
5. Realize teste de velocidade da internet.

Na página a seguir, apresentamos as duas principais dúvidas na utilização dos Laboratórios Virtuais. Caso elas não se apliquem ao seu problema, consulte a nossa seção de “**Perguntas Frequentes**”, disponível em: <https://algetec.movidesk.com/kb/pt-br/>

Neste mesmo link, você poderá **usar o chat** ou **abrir um chamado** para o contato com nossa central de suporte. Se preferir, utilize os QR CODEs para um contato direto por Whatsapp (8h às 18h) ou para direcionamento para a central de suporte. Conte conosco!



## PERGUNTAS FREQUENTES

### 1) O laboratório virtual está lento, o que devo fazer?

- a) No Google Chrome, clique em “Configurações” -> “Avançado” -> “Sistema” -> “Utilizar aceleração de hardware sempre que estiver disponível”. Habilite a opção e reinicie o navegador.
- b) Verifique as configurações do driver de vídeo ou equivalente. Na área de trabalho, clique com o botão direito do mouse. Escolha “Configurações gráficas” e procure pela configuração de performance. Escolha a opção de máximo desempenho.  
  
Obs.: Os atalhos e procedimentos podem variar de acordo com o driver de vídeo instalado na máquina.
- c) Feche outros aplicativos e abas que podem sobrecarregar o seu computador.
- d) Verifique o uso do disco no Gerenciador de Tarefas (Ctrl + Shift + Esc) -> “Detalhes”. Se estiver em 100%, feche outros aplicativos ou reinicie o computador.

## 2) O laboratório apresentou tela preta, como proceder?

- a) No Google Chrome, clique em “Configurações” -> “Avançado” -> “Sistema” -> “Utilizar aceleração de hardware sempre que estiver disponível”. Habilite a opção e reinicie o navegador. Caso persista, desative a opção e tente novamente.
- b) Verifique as configurações do driver de vídeo ou equivalente. Na área de trabalho, clique com o botão direito do mouse. Escolha “Configurações gráficas” e procure pela configuração de performance. Escolha a opção de máximo desempenho.

Obs.: Os atalhos e procedimentos podem variar de acordo com o driver de vídeo instalado na máquina.

- c) Verifique se o navegador está atualizado.

# DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO

## MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Peso inicial;
- Pesos;
- Suporte indicador;
- Gancho;
- Molas;

## PROCEDIMENTOS

### FASE 1 – LEI DE HOOKE

#### 1. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Posicione a mola 1 na base de ensaio. Mova o suporte indicador para a mola que se encontra na base. Posicione o gancho no suporte indicador. Insira o peso de 23 gramas no gancho e verifique a deformação inicial.

#### 2. GERANDO DEFORMAÇÃO “ $X_n$ ” NA MOLA

Posicione os pesos de 50 gramas no gancho e verifique a deformação que o peso gerou na mola. Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela 1 a deformação da mola gerada pelo acréscimo de cada peso.

### 3. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

Retire cada um dos pesos no gancho e posicionando-os na bancada. Retire o gancho e o suporte indicador. Retire a mola da base de ensaio.

### 4. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica da mola  $M_1$ .

### 5. REPETINDO O EXPERIMENTO COM AS MOLAS RESTANTES

Repita os passos de 1 a 4 para as molas restantes  $M_2$  e  $M_3$ . Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

## FASE 2 – ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM SÉRIE

### 6. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Posicione a mola 1 na base de ensaio. Em seguida, posicione a mola 2 na mola previamente posicionada na base. Mova o suporte indicador para a mola 2. Posicione o gancho no suporte indicador. Insira o peso de 23 gramas no gancho e verifique a deformação inicial.

### 7. GERANDO DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “ $X_n$ ”

Posicione os pesos de 50 gramas no gancho e verifique a deformação que o peso gerou na mola. Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela 2 a deformação da mola gerada pelo acréscimo de cada peso.

## 8. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

Retire cada um dos pesos no gancho e posicionando-os na bancada. Retire o gancho e o suporte indicador. Retire as molas da base de ensaio.

## 9. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DE MOLAS ASSOCIADAS EM SÉRIE

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica do conjunto de molas ( $M_1$  e  $M_2$ ) associadas em série.

## 10. REPETINDO O EXPERIMENTO COM AS MOLAS RESTANTES

Repita os passos de 6 a 9 para as seguintes associações ( $M_2$  e  $M_1$ ); ( $M_1$  e  $M_3$ ); ( $M_3$  e  $M_1$ ); ( $M_2$  e  $M_3$ ) e ( $M_3$  e  $M_2$ ). Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

# FASE 3 – ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM PARALELO

## 11. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Posicione a mola 1 na base de ensaio. Em seguida, posicione a mola 2 na base de ensaio. Mova o suporte indicador para o conjunto de molas. Posicione o gancho no suporte indicador. Insira o peso de 23 gramas no gancho e verifique a deformação inicial.

## 12. GERANDO DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “ $X_n$ ”

Posicione os pesos de 50 gramas no gancho e verifique a deformação que o peso gerou na mola. Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela 3 a deformação da mola gerada pelo acréscimo de cada peso.

### 13. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

Retire cada um dos pesos no gancho e posicionando-os na bancada. Retire o gancho e o suporte indicador. Retire as molas da base de ensaio.

### 14. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DE MOLAS ASSOCIADAS EM PARALELO

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica do conjunto de molas ( $M_1$  e  $M_2$ ) associadas em paralelo.

### 15. REPETINDO O EXPERIMENTO COM AS MOLAS RESTANTES

Repita os passos de 6 a 9 para as seguintes associações ( $M_2$  e  $M_1$ ); ( $M_1$  e  $M_3$ ); ( $M_3$  e  $M_1$ ); ( $M_2$  e  $M_3$ ) e ( $M_3$  e  $M_2$ ). Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

### 16. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Posicione a mola 1 na base de ensaio. Em seguida, posicione as molas 2 e 3 na base de ensaio. Mova o suporte indicador para o conjunto de molas. Posicione o gancho no suporte indicador. Insira o peso de 23 gramas no gancho e verifique a deformação inicial.

### 17. GERANDO DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “ $X_n$ ”

Posicione os pesos de 50 gramas no gancho e verifique a deformação que o peso gerou na mola. Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela 4 a deformação da mola gerada pelo acréscimo de cada peso.



## 18. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

Retire cada um dos pesos no gancho e posicionando-os na bancada. Retire o gancho e o suporte indicador. Retire as molas da base de ensaio.

## 19. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DE MOLAS ASSOCIADAS EM PARALELO

Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento. Encontre a constante elástica do conjunto de molas ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) associadas em paralelo.

## 20. ANALISANDO OS RESULTADOS

Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento. Encontre a constante elástica do conjunto de molas ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) associadas em paralelo.

# AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

## FASE 1 – LEI DE HOOKE

1. Preencha a tabela 1 abaixo com os dados encontrados durante esta fase do experimento.

n	$X_0$ (m)	$X_n$ (m)	$\Delta X = X_n - X_0$ (m)	$F_n$ (N)
0		-	-	-
1				
2				
3				
4				

Tabela 1 – Dados experimentais de lei de Hooke

A equação da Lei de Hooke é utilizada para calcular a constante elástica da mola:

$$F = k \Delta x$$

Onde:

F = Força aplicada (N)

K = Constante elástica da mola (N/m)

$\Delta X$  = Alongamento ou deformação da mola (m) quando submetida a ação dos pesos

A força aplicada neste experimento é a força peso, que é o produto da massa dos discos que estão na mola pela aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$F = m g$$

Diante dos resultados obtidos, calcule a constante elástica da mola  $M_1$

$$k_{M_1} =$$

2. Esboce o gráfico da força aplicada ( $F$ ) versus deformação da mola ( $\Delta X$ ) para cada uma das molas utilizadas no experimento. Qual a função matemática representada no gráfico?
3. O que representa o coeficiente angular (ou declividade) do gráfico  $F$  versus  $\Delta X$ ?
4. Com base em suas medições e observações, verifique a validade da seguinte afirmação: “As forças deformantes são proporcionais às deformações produzidas, ou seja,  $F$  é proporcional a  $\Delta x$ .”.
5. Qual mola possui a maior constante elástica? Compare seus resultados!

## FASE 2 – ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM SÉRIE

1. Preencha a tabela abaixo com os dados encontrados durante esta fase do experimento.

n	$X_0$ (m)	$X_n$ (m)	$\Delta X = X_n - X_0$ (m)	$F_n$ (N)
0		-	-	-
1				
2				
3				
4				

Tabela 2 – Dados experimentais de associação de molas em série

A equação da Lei de Hooke é utilizada para calcular a constante elástica do conjunto de molas:

$$F = k_r \Delta x_r$$

Onde:

$F$  = Força aplicada (N)

$K_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em série (N/m)

$\Delta x_r$  = Alongamento ou deformação do conjunto de molas (m) quando submetida a ação dos pesos

A força aplicada neste experimento é a força peso, que é o produto da massa dos discos que estão no conjunto de molas pela aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

$$F = m g$$

Diante dos resultados obtidos, calcule a constante elástica do conjunto de molas  $M_1$  e  $M_2$ .

$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2)} =$$

É possível também relacionar as constantes de cada uma das molas do conjunto em série:

$$\text{Mola } M_1 \therefore F_1 = k_1 \Delta x_1 \therefore \Delta x_1 = \frac{F_1}{k_1}$$

$$\text{Mola } M_2 \therefore F_2 = k_2 \Delta x_2 \therefore \Delta x_2 = \frac{F_2}{k_2}$$

Como a mesma força atua em cada mola e as deformações estão relacionadas por:

$$\Delta x_r = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

Então:

$$\frac{F}{k_r} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} \therefore \frac{1}{k_r} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Onde:

$K_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em série (N/m)

$K_1$  = Constante elástica da mola  $M_1$  (N/m)

$K_2$  = Constante elástica da mola  $M_2$  (N/m)

Utilize as constantes elásticas das molas obtidas da parte I do experimento, recalcule a constante elástica do conjunto de molas em série  $M_1$  e  $M_2$ .

$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2)} =$$

2. Os resultados obtidos para a constante elástica do conjunto em série foram os mesmos para as duas formas de cálculo?
3. Esboce o gráfico da força aplicada ( $F$ ) versus deformação da mola ( $\Delta X$ ) para cada conjunto de molas em série. Qual a função matemática representada no gráfico?
4. A constante  $k$  é a mesma para qualquer conjunto em série? Em caso negativo, qual conjunto obteve a maior constante elástica resultante?
5. Comente sobre a relação entre as constantes das molas obtidas na parte I deste roteiro e os resultados das configurações em série.

### FASE 3 – ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM PARALELA

1. Preencha a tabela abaixo com os dados encontrados durante esta fase do experimento.

n	$X_0$ (m)	$X_n$ (m)	$\Delta X = X_n - X_0$ (m)	$F_n$ (N)
0		-	-	-
1				
2				
3				
4				

Tabela 3 – Dados experimentais de associação de molas em paralelo

A equação da Lei de Hooke é utilizada para calcular a constante elástica do conjunto de molas:

$$F = k_r \Delta x_r$$

Onde:

$F$  = Força aplicada (N)

$k_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em paralelo (N/m)

$\Delta x_r$  = Alongamento ou deformação do conjunto de molas (m) quando submetida a ação dos pesos

A força aplicada neste experimento é a força peso, que é o produto da massa dos discos que estão no conjunto de molas pela aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$F = m g$$

Diante dos resultados obtidos, calcule a constante elástica do conjunto de molas  $M_1$  e  $M_2$ .

$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2)} =$$

É possível também relacionar as constantes de cada uma das molas do conjunto em paralelo:

$$\text{Mola } M_1 \therefore F_1 = k_1 \Delta x_1$$

$$\text{Mola } M_2 \therefore F_2 = k_2 \Delta x_2$$

Pela resultante de forças, é possível inferir que:

$$F_r = F_1 + F_2$$

Então:

$$k_r \Delta x_r = k_1 \Delta x_1 + k_2 \Delta x_2$$

Onde:

$K_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em paralelo (N/m)

$K_1$  = Constante elástica da mola  $M_1$  (N/m)

$K_2$  = Constante elástica da mola  $M_2$  (N/m)

$\Delta X_r$  = Alongamento ou deformação do conjunto de molas (m) quando submetida a ação dos pesos

$\Delta X_1$  = Alongamento ou deformação da mola  $M_1$  (m) quando submetida a ação dos pesos

$\Delta X_2$  = Alongamento ou deformação da mola  $M_2$  (m) quando submetida a ação dos pesos



Como as deformações das molas e do conjunto são as mesmas, pode-se inferir que:

$$k_r = k_1 + k_2$$

Utilize as constantes elásticas das molas obtidas da parte I do experimento, recalcule a constante elástica do conjunto de molas em paralelo  $M_1$  e  $M_2$ .

$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2)} =$$

2. Os resultados obtidos para a constante elástica do conjunto em paralelo foram os mesmos para as duas formas de cálculo?
3. Esboce o gráfico da força aplicada ( $F$ ) versus deformação da mola ( $\Delta X$ ) para cada conjunto de molas em paralelo. Qual a função matemática representada no gráfico?
4. A constante  $k$  é a mesma para qualquer conjunto em paralelo? Em caso negativo, qual conjunto obteve a maior constante elástica resultante?
5. Comente sobre a relação entre as constantes das molas obtidas na parte I deste roteiro e os resultados das configurações em paralelo.

6. Preencha a tabela abaixo com os dados encontrados durante esta fase do experimento.

n	$X_0$ (m)	$X_n$ (m)	$\Delta X = X_n - X_0$ (m)	$F_n$ (N)
0		-	-	-
1				
2				
3				
4				

Tabela 4 – Dados experimentais de associação de 3 molas em paralelo

A equação da Lei de Hooke é utilizada para calcular a constante elástica do conjunto de molas:

$$F = k_r \Delta x_r$$

Onde:

$F$  = Força aplicada (N)

$K_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em paralelo (N/m)

$\Delta X_r$  = Alongamento ou deformação do conjunto de molas (m) quando submetida a ação dos pesos

A força aplicada neste experimento é a força peso, que é o produto da massa dos discos que estão no conjunto de molas pela aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$F = m g$$

Diante dos resultados obtidos, calcule a constante elástica do conjunto de molas  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ .

$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3)} =$$

É possível também relacionar as constantes de cada uma das molas do conjunto em paralelo:

$$\text{Mola } M_1 \therefore F_1 = k_1 \Delta x_1$$

$$\text{Mola } M_2 \therefore F_2 = k_2 \Delta x_2$$

$$\text{Mola } M_3 \therefore F_3 = k_3 \Delta x_3$$

Pela resultante de forças, é possível inferir que:

$$F_r = F_1 + F_2 + F_3$$

Então:

$$k_r \Delta x_r = k_1 \Delta x_1 + k_2 \Delta x_2 + k_3 \Delta x_3$$

Onde:

$K_r$  = Constante elástica do conjunto de molas em paralelo (N/m)

$K_1$  = Constante elástica da mola  $M_1$  (N/m)

$K_2$  = Constante elástica da mola  $M_2$  (N/m)

$K_3$  = Constante elástica da mola  $M_3$  (N/m)

$\Delta X_r$  = Alongamento ou deformação do conjunto de molas (m) quando submetida a ação dos pesos

$\Delta X_1$  = Alongamento ou deformação da mola  $M_1$  (m) quando submetida a ação dos pesos

$\Delta X_2$  = Alongamento ou deformação da mola  $M_2$  (m) quando submetida a ação dos pesos

$\Delta X_3$  = Alongamento ou deformação da mola  $M_3$  (m) quando submetida a ação dos pesos

Como as deformações das molas e do conjunto são as mesmas, pode-se inferir que:

$$k_r = k_1 + k_2 + k_3$$

Utilize as constantes elásticas das molas obtidas da parte I do experimento, recalcule a constante elástica do conjunto de molas em paralelo  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ .

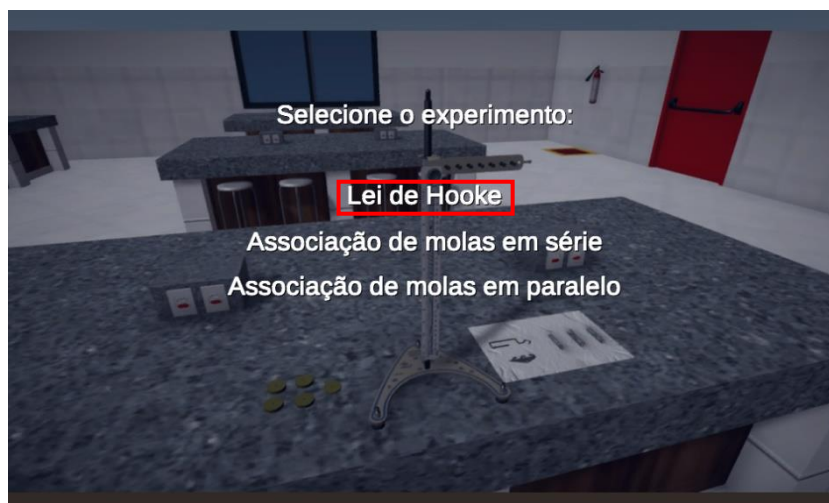
$$k_{r(M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3)} =$$

7. Os resultados obtidos para a constante elástica do conjunto em paralelo foram os mesmos para as duas formas de cálculo?
8. Esboce o gráfico da força aplicada (F) versus deformação da mola ( $\Delta X$ ) para o conjunto de molas em paralelo. Qual a função matemática representada no gráfico?
9. A constante k é a mesma para o conjunto em paralelo com duas molas e o conjunto em paralelo com três molas? Em caso negativo, qual conjunto obteve a maior constante elástica resultante? O que é possível concluir?

# TUTORIAL VIRTUALAB

## SELECIONANDO O EXPERIMENTO

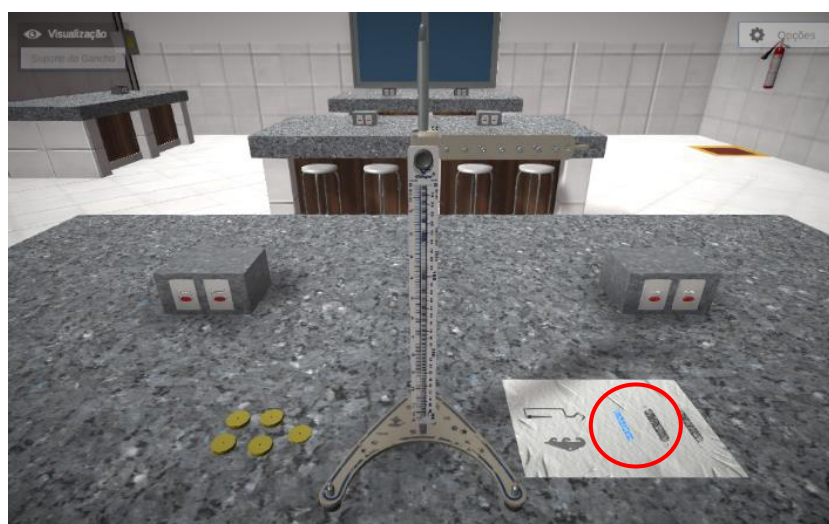
Ao iniciar o experimento, selecione inicialmente o experimento “Lei de Hooke”, para isso, clique com o botão esquerdo do mouse sobre o nome “Lei de Hooke”.



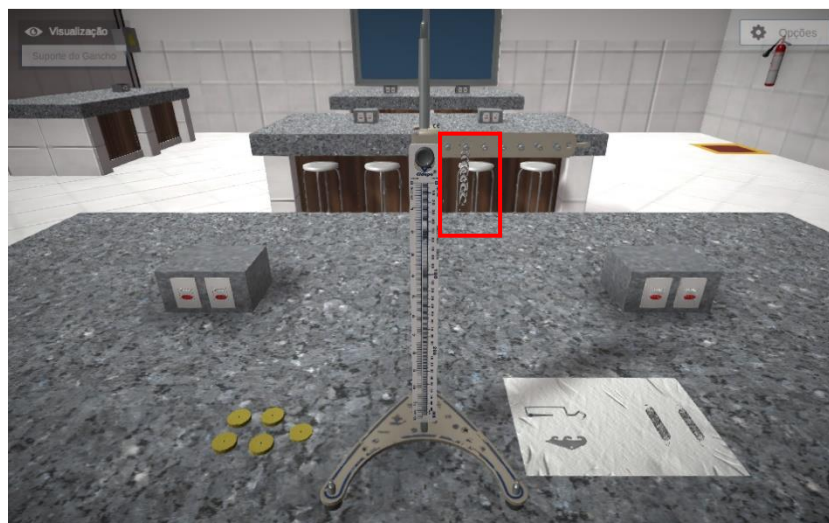
## 1. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

### Selecionar molas:

Para inserir a mola na base de ensaio, clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_1$  e selecione a opção “Posicionar na base”.



Observe que a mola foi posicionada na base de ensaio.



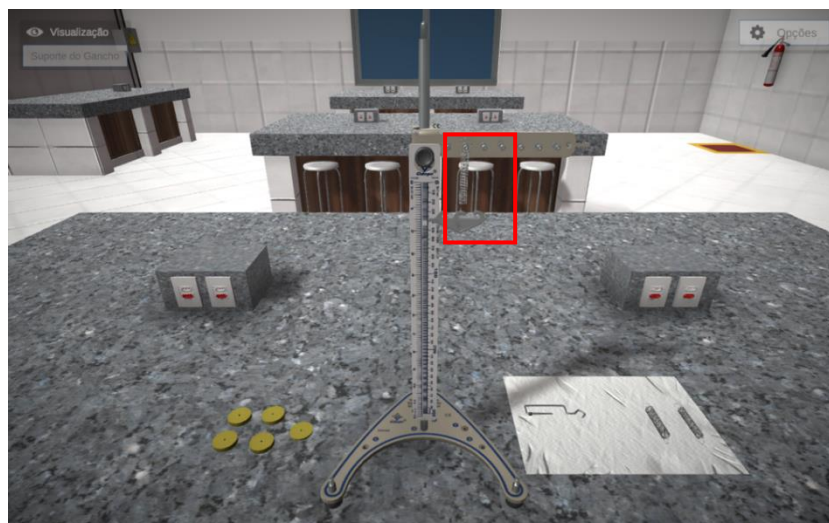
**Posicionando suporte indicador:**

Clique com o botão direito do mouse no suporte indicador e selecione a opção “Colocar suporte indicador na mola”.





Observe que o suporte indicador se associou à mola  $M_1$  fixada na base de ensaio.



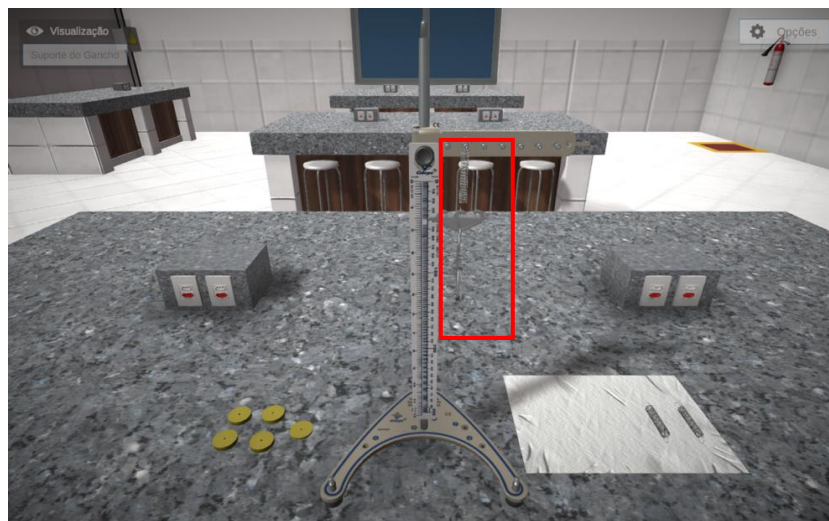
**Posicionando suporte indicador:**

Clique com o botão direito do mouse no gancho e selecione a opção “Colocar gancho no suporte indicador”.





Observe que o gancho se associou ao suporte indicador.



### Pré-tensionar a mola:

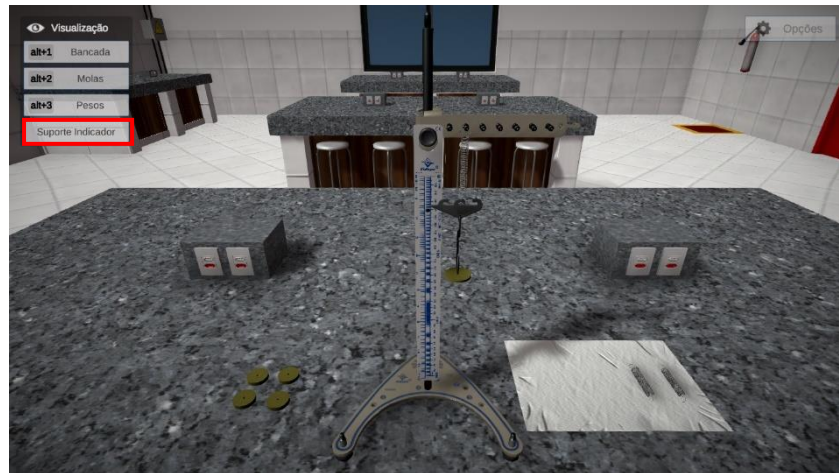
Para que a mola  $M_1$  seja pré-tensionada, clique com o botão direito do mouse no peso de 23g para inseri-lo no gancho.



Observe que após o peso ser inserido no gancho, a mola sofre uma pequena deformação.

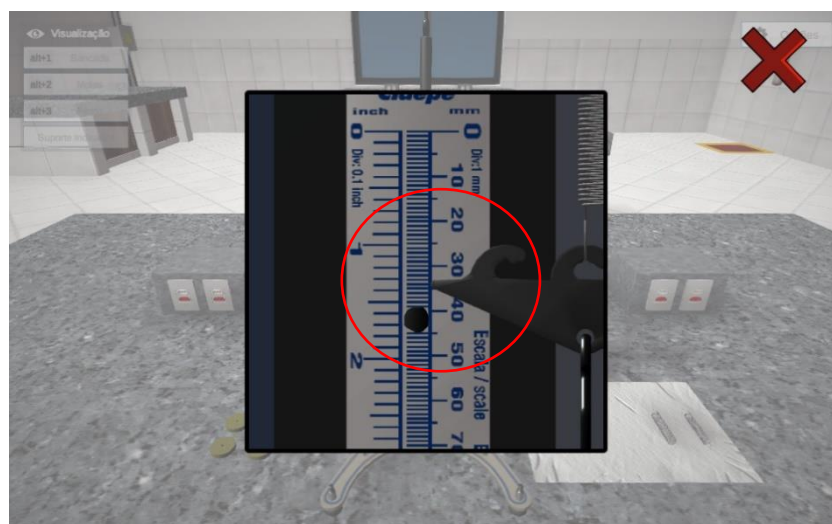
### Deformação inicial “ $X_0$ ”:

Clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a indicação de deformação da mola na escala vertical.

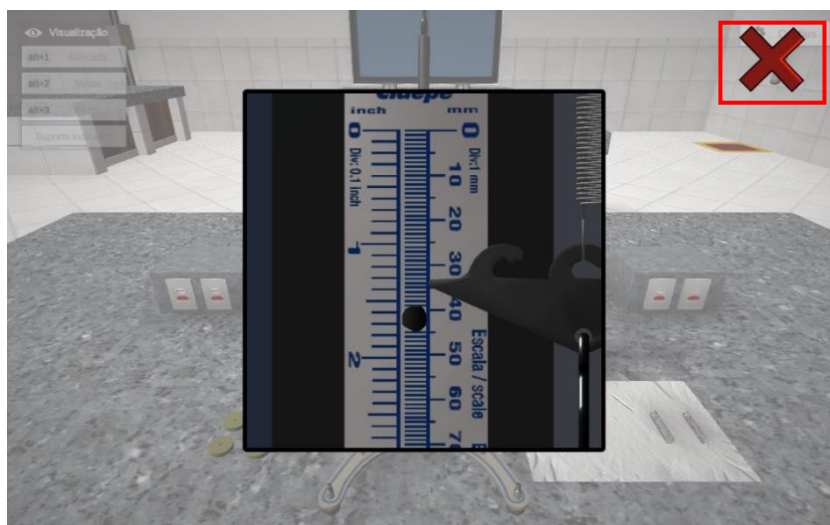


Observe na escala qual o valor dessa deformação inicial. Ela será necessária no cálculo da constante elástica.

**ATENÇÃO:** A régua vertical possui duas unidades de medida, a saber: O lado esquerdo da régua em polegadas e o lado direito em milímetros. Utilize o lado direito.



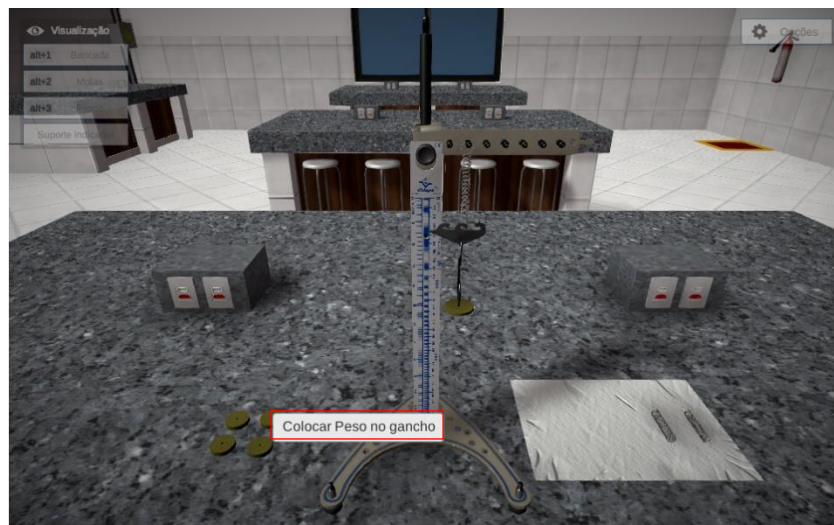
Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” vermelho.



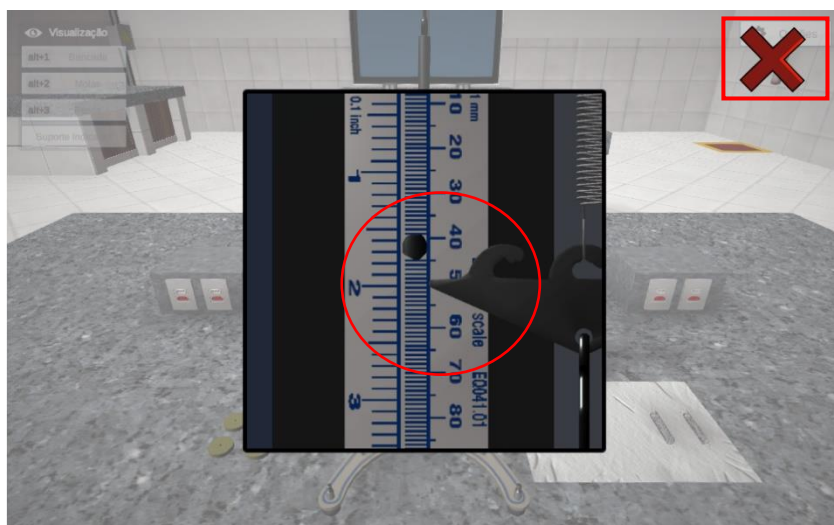
## 2. GERANDO DEFORMAÇÃO “X<sub>N</sub>” NA MOLA

### Inserindo pesos de 50g:

Clique com o botão direito do mouse em um dos quatro pesos de 50g e selecione a opção “Colocar peso no gancho”.



Em seguida, clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a deformação que o peso gerou na mola.



Anote esse valor na coluna “Xn” da tabela que você construiu. Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” vermelho.

Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela a deformação da mola gerada pelo acréscimo de cada peso.



### 3. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

Para que o disco seja retirado do gancho e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar peso do gancho e colocar na bancada”.



Repita esse passo para todos os discos do gancho.

#### **Retirando gancho:**

Para que o gancho seja retirado do suporte indicador e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar gancho do suporte indicador da mola e colocar na bancada”.



### Retirando suporte indicador:

Para que o suporte indicador seja retirado da mola e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar suporte indicador da mola e colocar na bancada”.



### Retirando mola $M_1$ :

Para que a mola seja retirada da base de ensaio e colocada na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar”.



## 4. CALCULANDO A CONSTATANTE ELÁSTICA DA MOLA

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica da mola M1.

## 5. REPETINDO O EXPERIMENTO COM AS MOLAS RESTANTES

Repita os passos de 1 a 4 para as molas restantes M2 e M3. Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

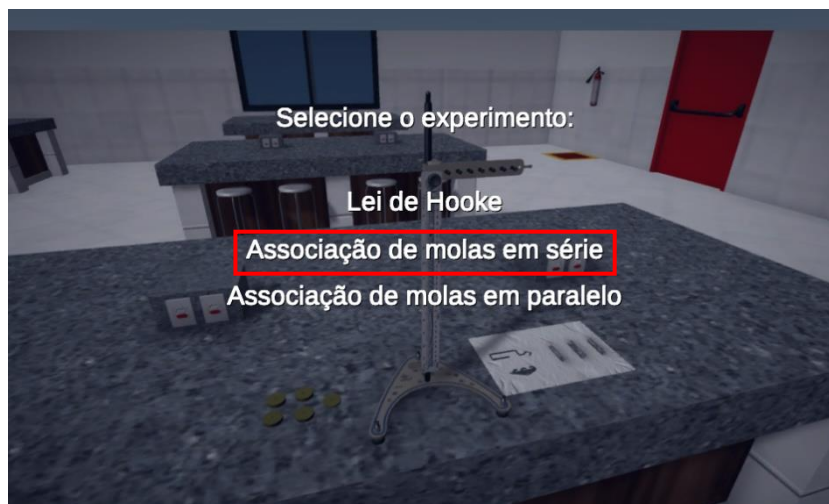
**ATENÇÃO:** Os passos abaixo são referentes a prática de associação de molas em série!

Em seguida, selecione a opção “Menu principal” para poder visualizar as opções de experimentos.





E então, selecione a opção “Associação de molas em série” para poder realizar o experimento.



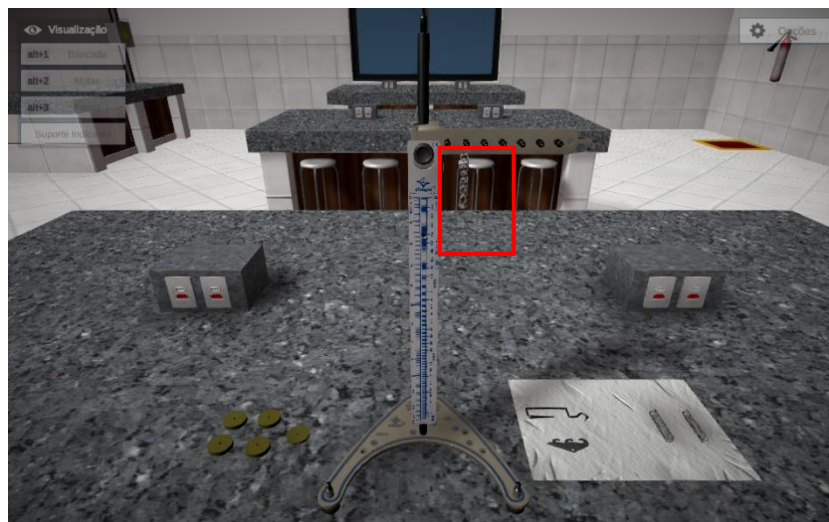
## 6. MONTANDO O EXPERIMENTO

### Posicionando as molas:

Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_1$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”.



Observe que a mola foi posicionada na base de ensaio.



Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_2$  e selecione a opção “Posicionar na mola” para associar as molas em série.

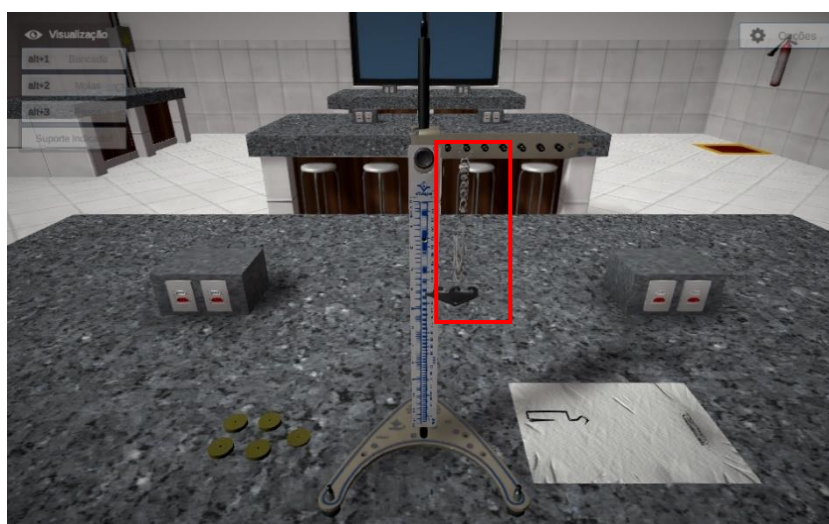


### Posicionando suporte indicador:

Para posicionar o suporte indicador na extremidade livre da mola  $M_2$ , clique com o botão direito do mouse no suporte indicador e selecione a opção “Posicionar na mola”.



Observe que o suporte indicador se associou à mola  $M_2$ .



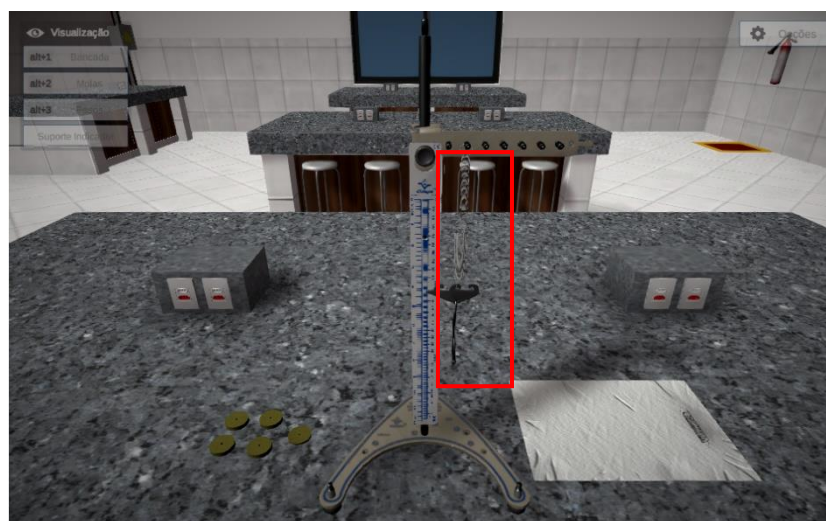


### Posicionando gancho:

Clique com o botão direito do mouse no gancho e selecione a opção “Colocar gancho no suporte indicador”.



Observe que o gancho se associou ao suporte indicador.



### Pré-tensionar as molas:

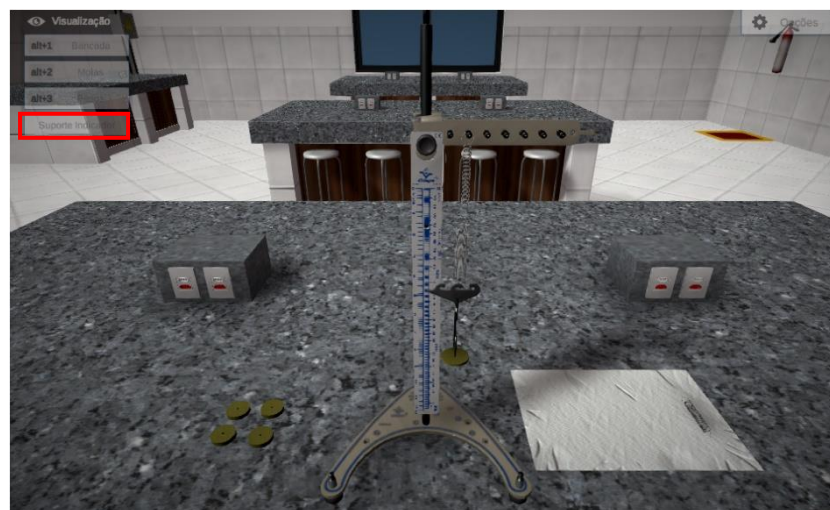
Para que o conjunto de molas seja pré-tensionado, clique com o botão direito do mouse no peso de 23g para inseri-lo no gancho.



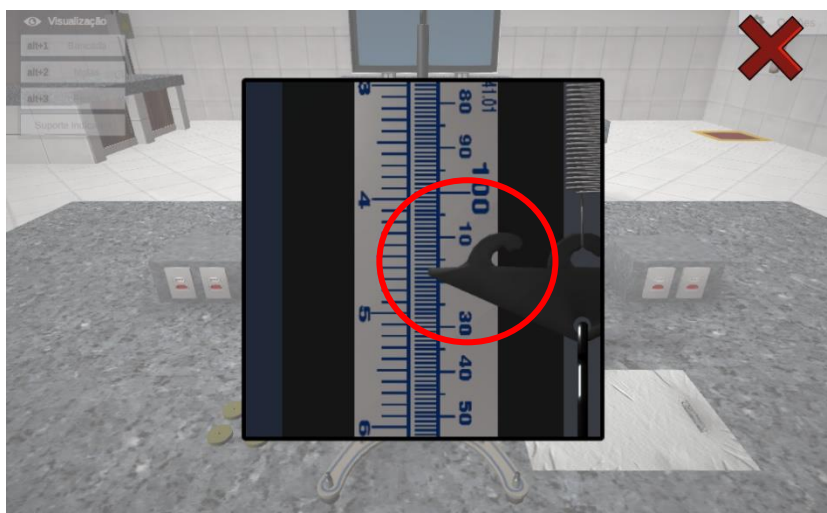
Observe que após o peso ser inserido no gancho, as molas sofreram uma pequena deformação.

### Deformação inicial “ $X_0$ ”:

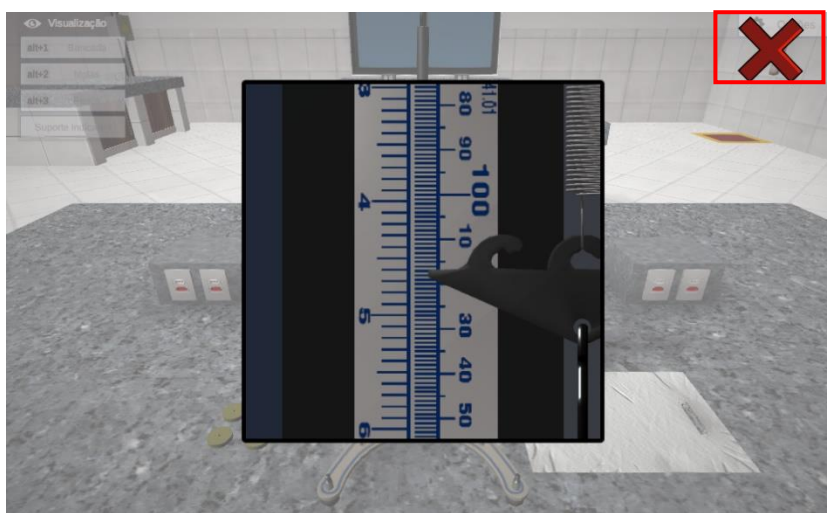
Clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a indicação de deformação do conjunto de molas na escala vertical.



Observe na escala qual o valor dessa deformação inicial. Ela será necessária no cálculo da constante elástica.



Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo no “X” vermelho para retornar a tela inicial do experimento.





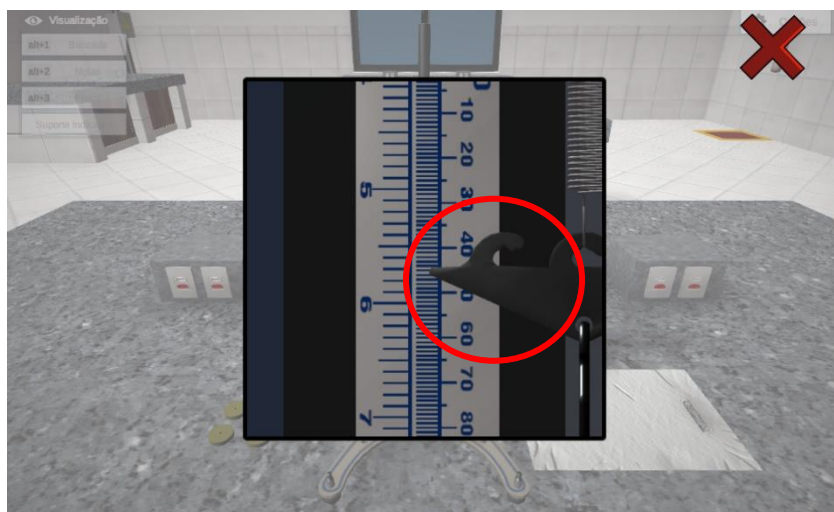
## 7. GRANDE DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “X<sub>N</sub>”

### Inserindo pesos de 50g:

Clique com o botão direito do mouse em um dos quatro pesos de 50g e selecione a opção “Colocar peso no gancho”.



Em seguida, clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a deformação que o peso gerou no conjunto.





Anote esse valor na coluna  $X_n$  da tabela que você construiu. Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” vermelho no canto superior da tela.

Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela a deformação do conjunto de molas gerada pelo acréscimo de cada peso.

## 8. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

### Retirando pesos:

Para que o disco seja retirado do gancho e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar peso do gancho e colocar na bancada”.



Repita esse passo para todos os discos do gancho.

### Retirando gancho:

Para que o gancho seja retirado do suporte indicador e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar gancho do suporte indicador e colocar na bancada”.



### Retirando suporte indicador:

Para que o suporte indicador seja retirado da mola  $M_2$  e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar suporte indicador da mola e colocar na bancada”.



### Retirando as molas $M_1$ e $M_2$ :

Para que a mola  $M_2$  seja retirada do conjunto e colocada na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar e colocar na bancada”.



Faça o mesmo procedimento para a mola  $M_1$ .



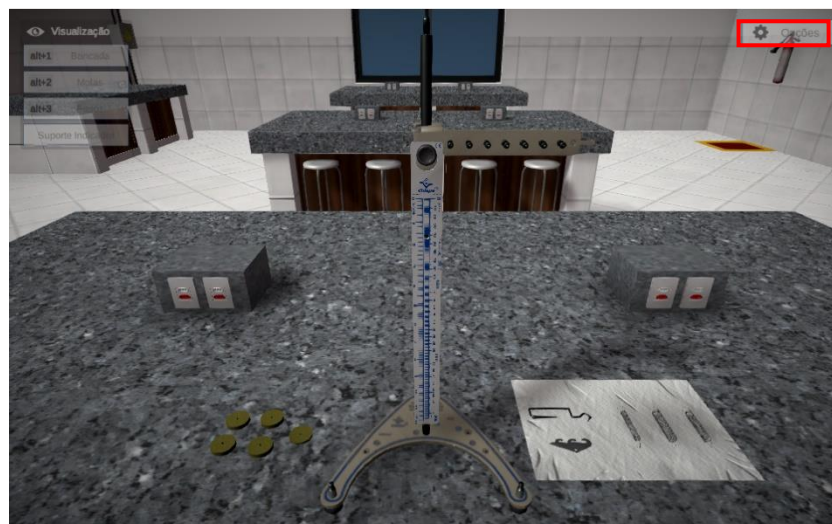
## 9. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DAS MOLAS (SÉRIE)

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica do conjunto de molas (M1 e M2) associadas em série.

## 10. REPETINDO O EXPERIMENTO

Repita os passos de 6 a 9 para as seguintes associações (M2 e M1); (M1 e M3); (M3 e M1); (M2 e M3) e (M3 e M2). Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

**ATENÇÃO:** Para o próximo passo, selecione no menu “opções” para poder visualizar o menu.

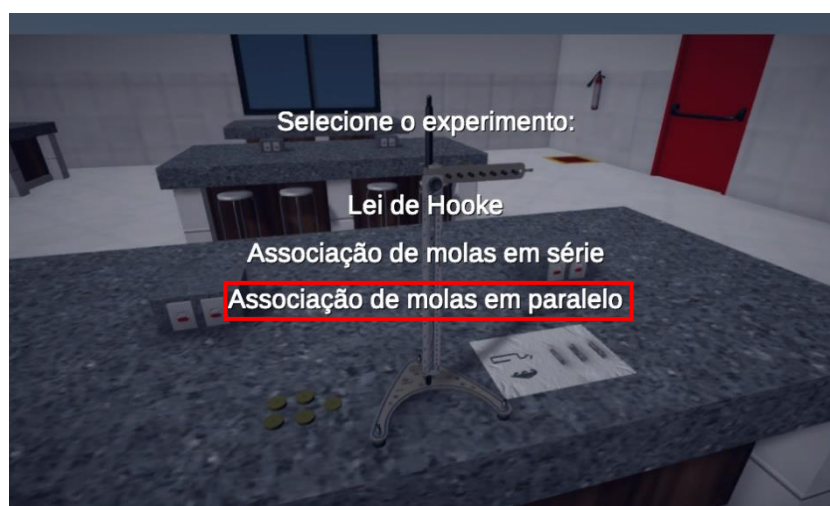




Em seguida, selecione a opção “Menu principal” para poder visualizar as opções de experimentos.



E então, selecione a opção “Associação de molas em paralelo” para poder realizar o experimento.



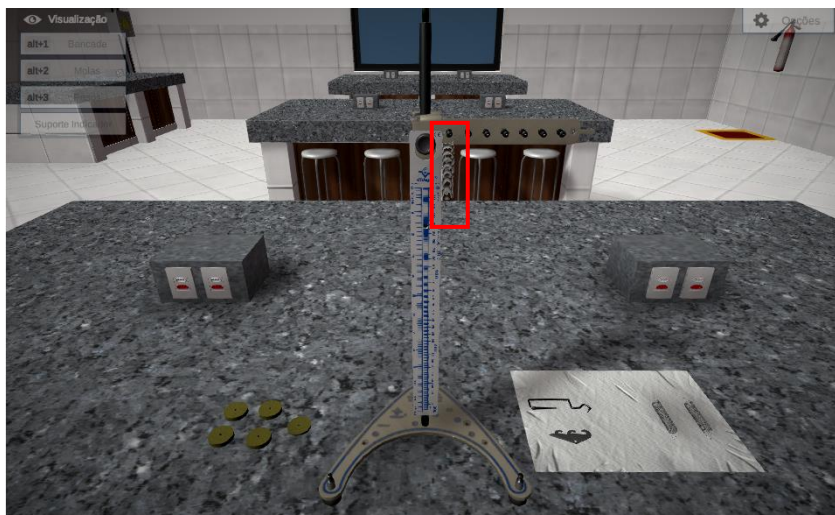
## 11. MONTANDO O EXPERIMENTO

### Posicionando as molas:

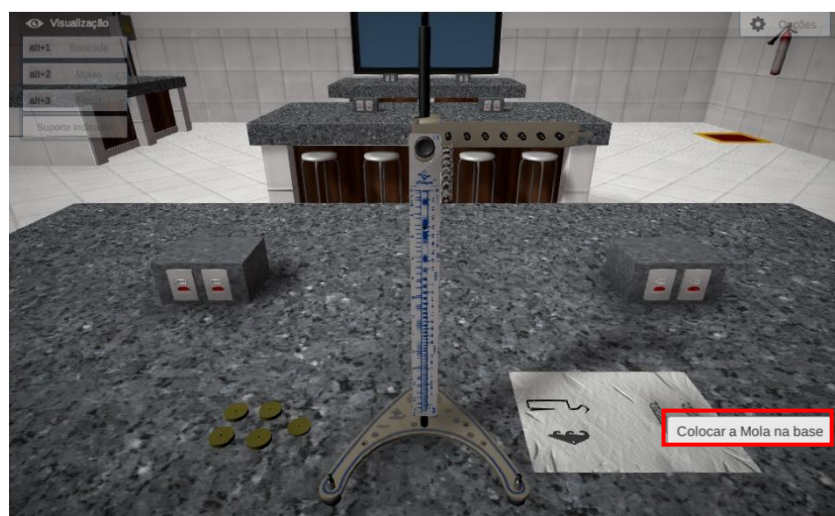
Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_1$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”.



Observe que a mola foi posicionada na base de ensaio.



Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_2$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”. A mola  $M_2$  será fixada na base de ensaio.





### Posicionando suporte indicador:

Para posicionar o suporte indicador na extremidade livre das molas, clique com o botão direito do mouse no suporte indicador e selecione a opção “Posicionar no conjunto de molas”.



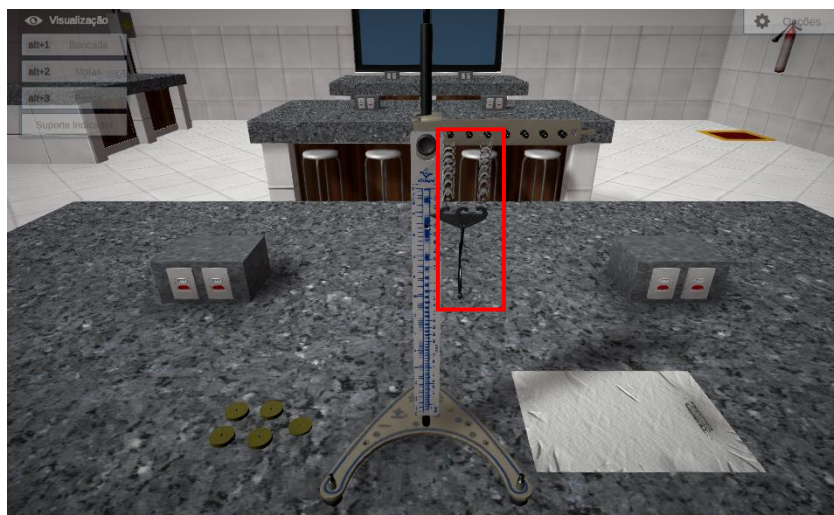
Observe que o suporte indicador se associou ao conjunto!

### Posicionando gancho:

Clique com o botão direito do mouse no gancho e selecione a opção “Colocar gancho no suporte indicador”.



Observe que o gancho se associou ao suporte indicador.



### Pré-tensionar as molas:

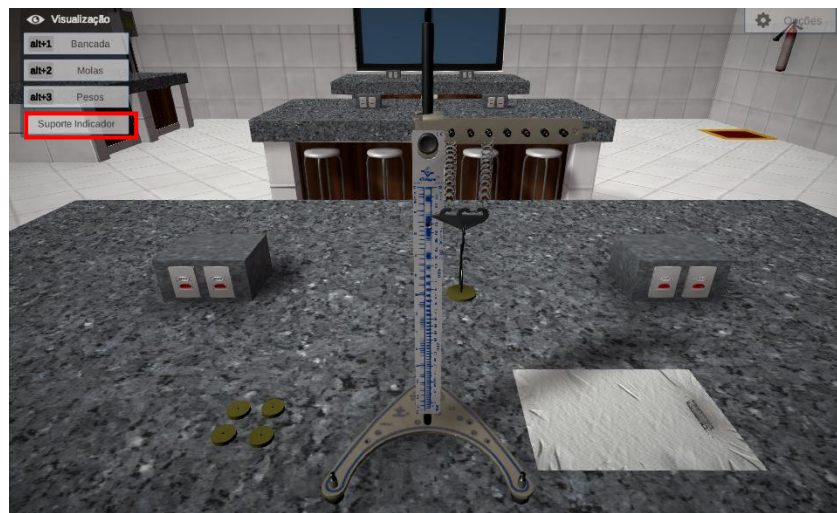
Para que o conjunto de molas seja pré-tensionado, clique com o botão direito do mouse no peso de 23g para inseri-lo no gancho.



Observe que após o peso ser inserido no gancho, as molas sofreram uma pequena deformação.

### Deformação inicial “ $X_0$ ”:

Clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a indicação de deformação do conjunto de molas na escala vertical.



Observe na escala qual o valor dessa deformação inicial. Ela será necessária no cálculo da constante elástica.



Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” de cor vermelha ao canto superior da tela.



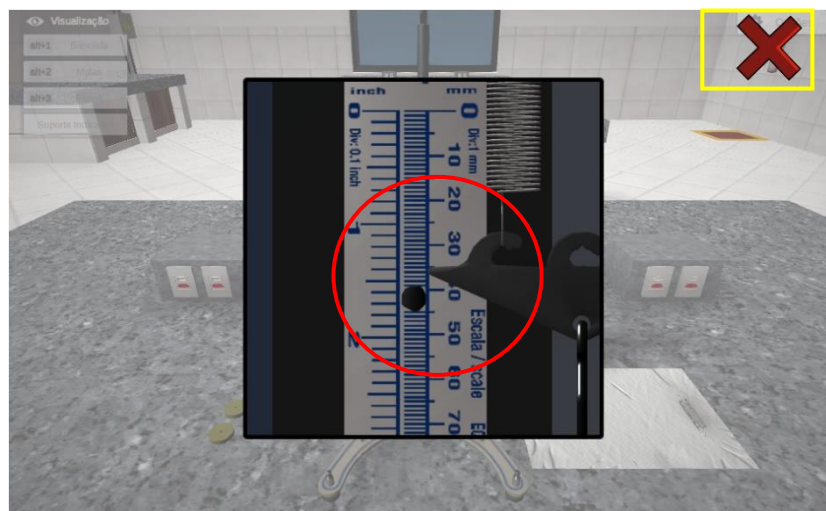
## 12. GERANDO DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “X<sub>N</sub>”

### Inserindo pesos de 50g:

Clique com o botão direito do mouse em um dos quatro pesos de 50g e selecione a opção “Colocar peso no gancho”.



Em seguida, clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte indicador” para visualizar a deformação que o peso gerou no conjunto.



Anote esse valor na coluna  $X_n$  da tabela que você construiu. Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” disposto no canto superior da tela.

Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela a deformação do conjunto de molas gerada pelo acréscimo de cada peso.

## 13. DESMONTANDO O EXPERIMENTO

### Retirando pesos:

Para que o disco seja retirado do gancho e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar peso do gancho e colocar na bancada”.



Repita esse passo para todos os discos do gancho.

### Retirando gancho:

Para que o gancho seja retirado do suporte indicador e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar gancho do suporte indicador e colocar na bancada”.



### Retirando suporte indicador:

Para que o suporte indicador seja retirado do conjunto de molas e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar”.



### Retirando as molas $M_1$ e $M_2$ :

Para que a mola  $M_2$  seja retirada do conjunto e colocada na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar”.



Faça o mesmo procedimento para a mola  $M_1$ .



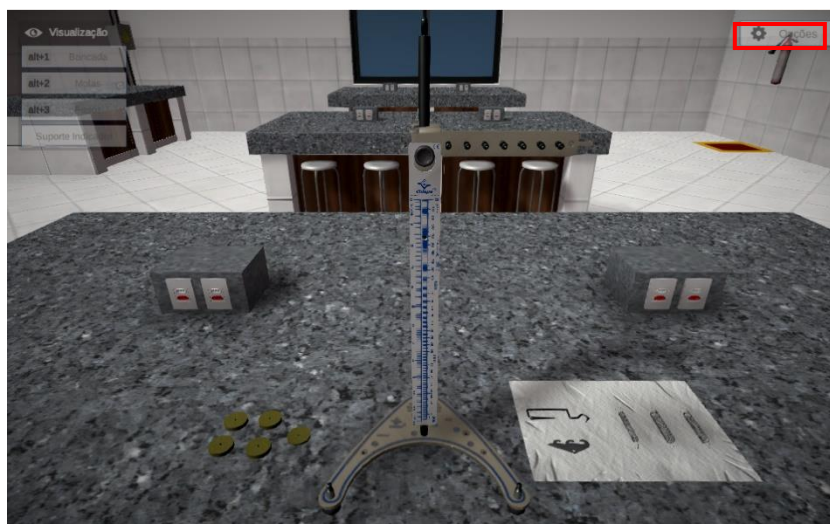
## 14. CALCULANDO A CONSTATANTE ELÁSTICA DE MOLAS (PARALELO)

Siga para a seção de “Avaliação dos Resultados” e encontre a constante elástica do conjunto de molas (M1 e M2) associadas em paralelo.

## 15. FINALIZANDO O EXPERIMENTO

Repita os passos de 6 a 9 para as seguintes associações (M2 e M1); (M1 e M3); (M3 e M1); (M2 e M3) e (M3 e M2). Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento.

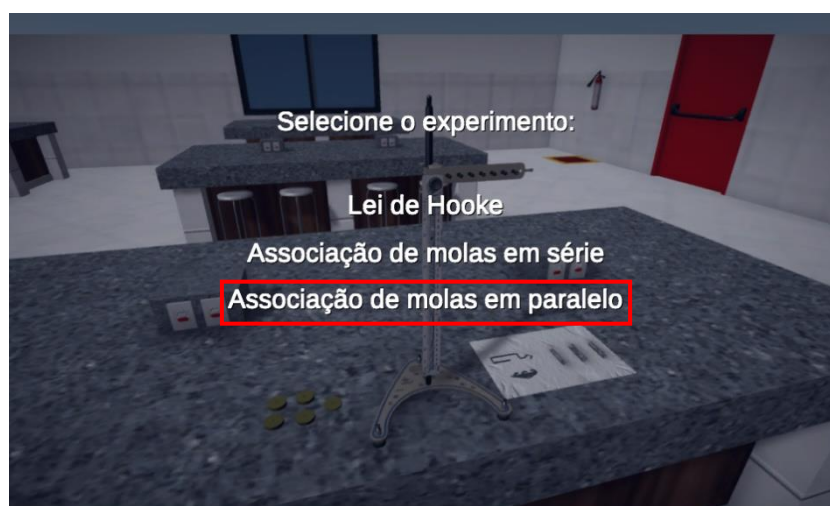
**ATENÇÃO:** Para o próximo passo, selecione no menu “opções” para poder visualizar o menu.



Em seguida, selecione a opção “Menu principal” para poder visualizar as opções de experimentos.



E então, selecione a opção “Associação de molas em paralelo” para poder realizar o experimento.



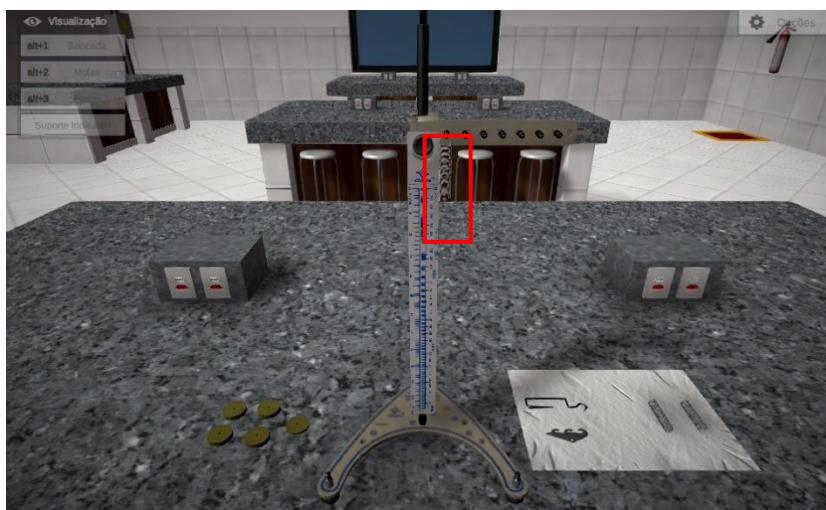
## 16. MONTANDO O EXPERIMENTO

### Posicionando as molas:

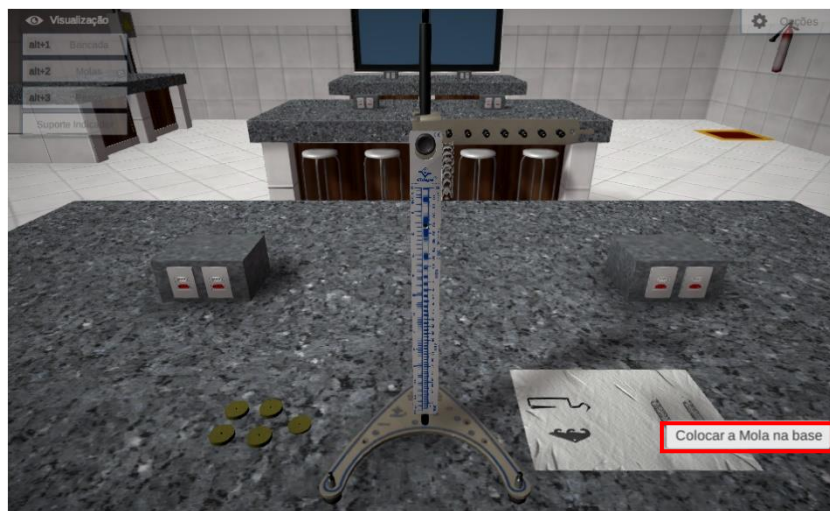
Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_1$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”.



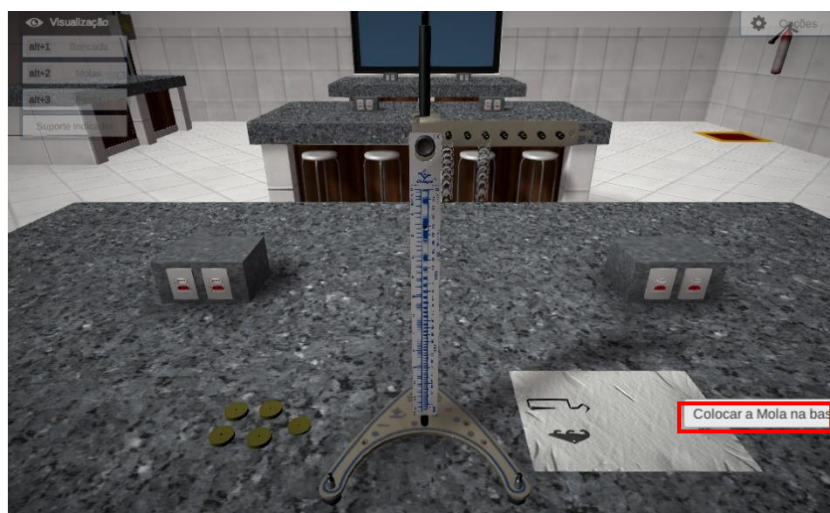
Observe que a mola foi posicionada na base de ensaio.



Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_2$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”. A mola  $M_2$  será fixada na base de ensaio.



Clique com o botão direito do mouse sobre a mola  $M_3$  e selecione a opção “Colocar a mola na base”. A mola  $M_3$  será fixada na base de ensaio.



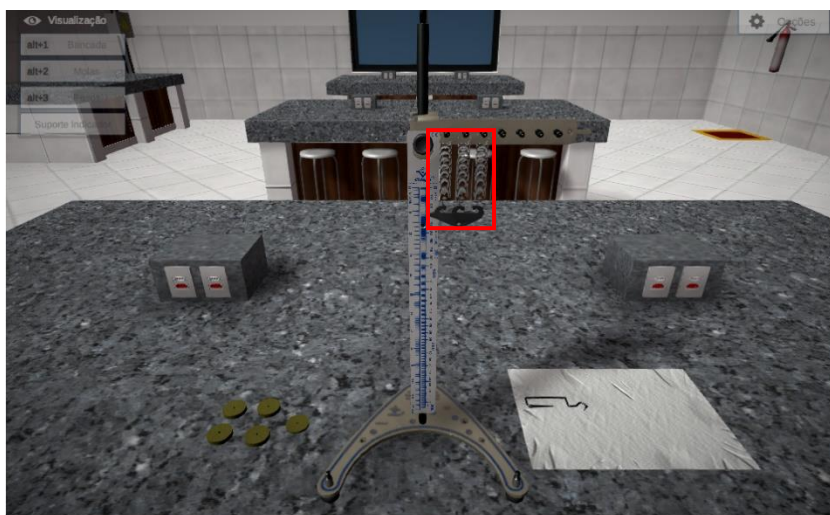


### Posicionando suporte indicador:

Para posicionar o suporte indicador na extremidade livre das molas, clique com o botão direito do mouse no suporte indicador e selecione a opção “Colocar suporte indicador nas molas”.



Observe que o suporte indicador se associou ao conjunto.

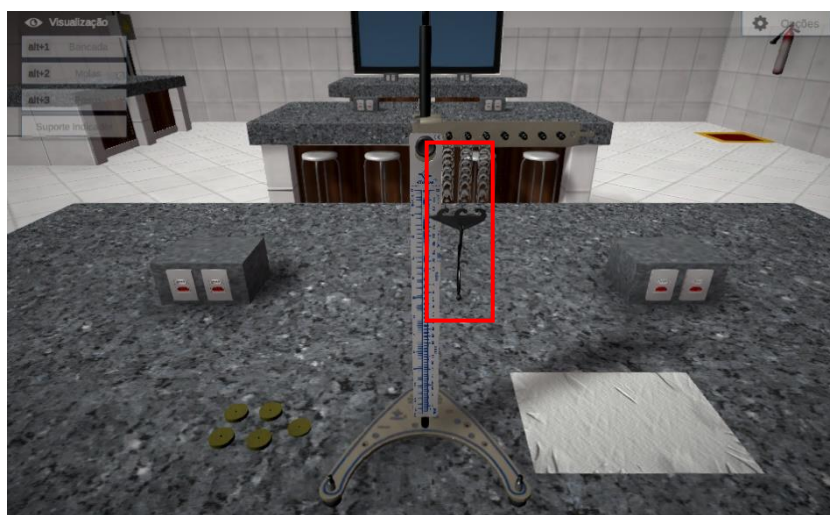


### Posicionando gancho:

Clique com o botão direito do mouse no gancho e selecione a opção “Colocar gancho no suporte indicador”.



Observe que o gancho se associou ao suporte indicador.



### Pré-tensionar as molas:

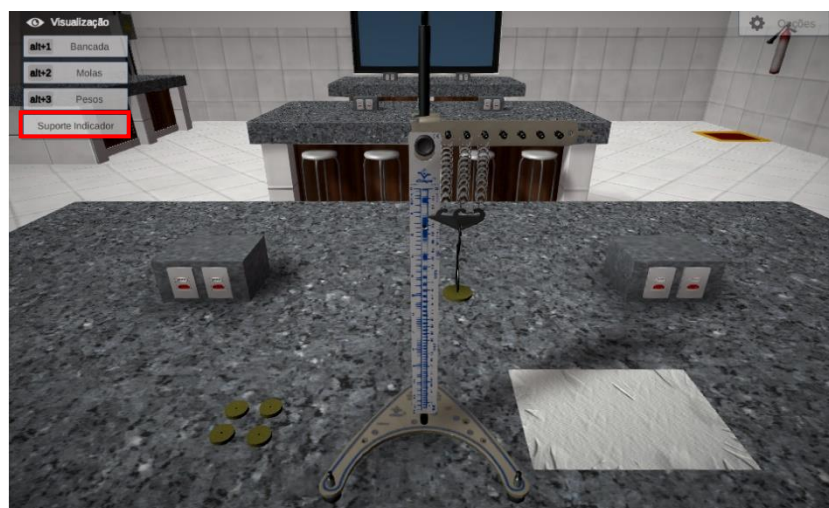
Para que o conjunto de molas seja pré-tensionado, clique com o botão direito do mouse no peso de 23g e selecione a opção “Colocar peso no gancho”.



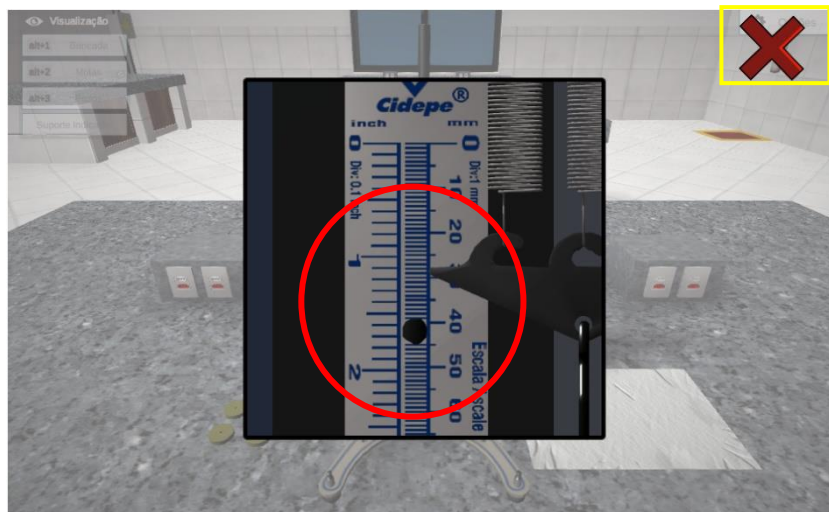
Observe que após o peso ser inserido no gancho, as molas sofreram uma pequena deformação.

### Deformação inicial “ $X_0$ ”:

Clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “indicador” para visualizar a indicação de deformação do conjunto de molas na escala vertical.



Observe na escala qual o valor dessa deformação inicial. Ela será necessária no cálculo da constante elástica.



Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” vermelho posicionado no canto superior da tela.



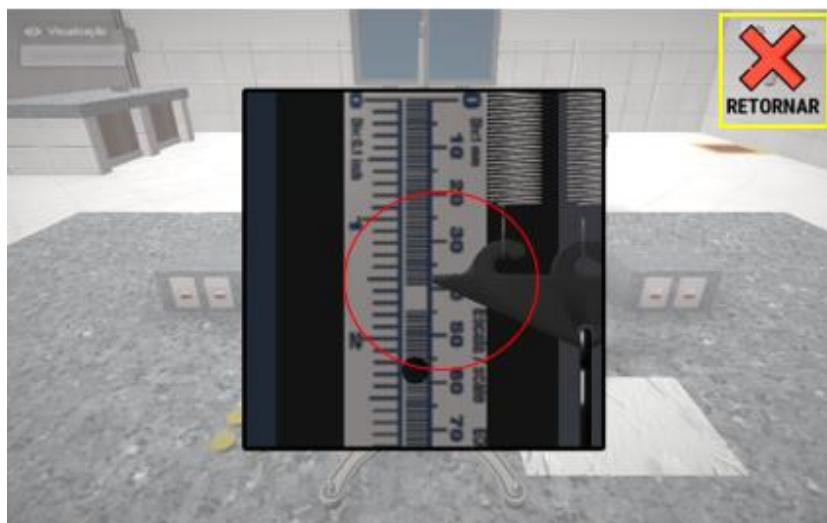
## 17. GERANDO DEFORMAÇÃO NAS MOLAS “X<sub>N</sub>”

### Inserindo pesos de 50g:

Clique com o botão direito do mouse em um dos quatro pesos de 50g e selecione a opção “Colocar peso no gancho”.



Em seguida, clique com o botão esquerdo do mouse na opção de câmera “Suporte do Gancho” para visualizar a deformação que o peso gerou no conjunto.



Anote esse valor na coluna  $X_n$  da tabela que você construiu. Em seguida, para voltar à tela inicial do experimento, clique com o botão esquerdo do mouse no “X” vermelho posicionado no canto superior da tela.

Insira cada um dos outros pesos simultaneamente, anotando na tabela a deformação do conjunto de molas gerada pelo acréscimo de cada peso.

## 18.DESMONTANDO O EXPERIMENTO

### Retirando pesos:

Para que o disco seja retirado do gancho e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar peso do gancho e colocar na bancada”.



Repita esse passo para todos os discos do gancho.

### Retirando gancho:

Para que o gancho seja retirado do suporte indicador e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar gancho do suporte indicador e colocar na bancada”.



### Retirando suporte indicador:

Para que o suporte indicador seja retirado do conjunto de molas e colocado na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar suporte indicador da mola e colocar na bancada”.



### Retirando as molas $M_1$ , $M_2$ e $M_3$ :

Para que a mola  $M_1$  seja retirada do conjunto e colocada na bancada, clique com o botão direito do mouse e selecione a opção “Retirar mola da base e colocar na bancada”.



Faça o mesmo procedimento para a mola  $M_2$  e  $M_3$ .

## 19. CALCULANDO A CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA (PARALELO)

Retire cada um dos pesos no ganho e posicionando-os na bancada. Retire o gancho e o suporte indicador. Retire as molas da base de ensaio.

## 20. AVALIANDO OS RESULTADOS

Siga para a seção “Avaliação de Resultados”, neste roteiro, e responda de acordo com o que foi observado neste experimento. Encontre a constante elástica do conjunto de molas (M1, M2 e M3) associadas em paralelo.