

Estática: Equilíbrio de Corpos Rígidos

Christian Rafael de Souza Silva

Centro Universitário Uninter

Polo de apoio (PAP) – R. Ipiranga, 681 - A – CEP: 16018-305– Araçatuba – São Paulo - Brasil
e-mail: crafael2030@gmail.com

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo estudar o equilíbrio estático, avaliando a relação entre massa, força peso e distância ao ponto de apoio. Foram realizados diversos experimentos utilizando diferentes combinações de massas e contrapesos, calculando os momentos correspondentes. Os resultados mostraram que o equilíbrio é alcançado quando os momentos nos dois lados do travessão se igualam, independentemente das massas isoladas, confirmando a teoria do equilíbrio estático e a aplicação da primeira lei de Newton. Este estudo permite compreender, de forma prática, como a distribuição de massa e distância influencia o equilíbrio de corpos rígidos.

Palavras-chaves: mecânica; estática; equilíbrio.

INTRODUÇÃO

O estudo do equilíbrio estático tem origem na física clássica e é fundamental para compreender o comportamento de sistemas mecânicos em repouso. Este trabalho investiga como diferentes combinações de massas e distâncias influenciam o equilíbrio. O objetivo é demonstrar experimentalmente que o equilíbrio é obtido quando os momentos em torno do ponto de apoio se igualam. A investigação justifica-se pela importância de compreender os princípios que regem o equilíbrio de corpos rígidos, aplicáveis em medições de massa e em diversas situações de engenharia e física. Para isso, foram realizados experimentos variando massas e contrapesos, com registro das distâncias e cálculo dos momentos correspondentes, permitindo analisar a condição de equilíbrio de forma prática.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a primeira lei de Newton, um corpo só muda seu estado de movimento se houver uma força resultante atuando sobre ele. Se não houver força externa, um objeto em repouso continua parado, caracterizando o equilíbrio estático, e um corpo em movimento mantém velocidade constante em linha reta, configurando o equilíbrio dinâmico.

A força resultante corresponde à combinação vetorial de todas as forças aplicadas a um corpo, determinando seu estado de movimento ou repouso.

No contexto da gravidade, os corpos apresentam peso, que depende de sua massa. A relação entre peso P e massa m é expressa por:

$$P = m \cdot g$$

Onde g representa a aceleração da gravidade, aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$ na superfície da Terra. Enquanto a massa de um corpo é constante, seu peso varia de acordo com o campo gravitacional local, sendo sempre uma força vertical dirigida para o centro do planeta.

Em uma balança de pratos, o princípio do equilíbrio estático permite determinar massas. Tanto a massa do objeto quanto o contrapeso exercem forças proporcionais aos seus pesos.

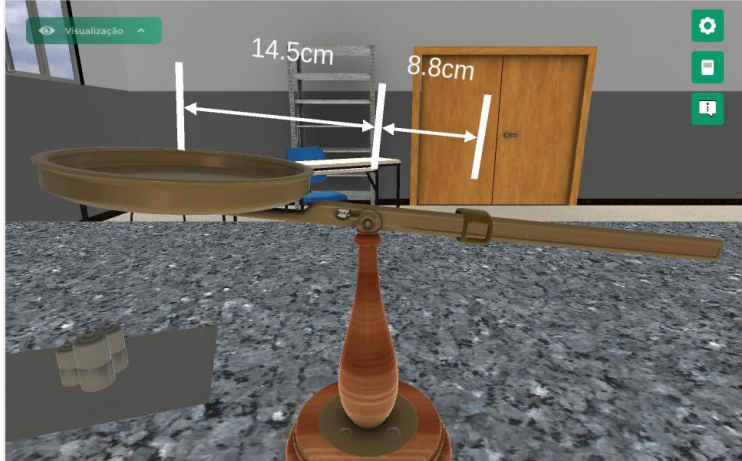
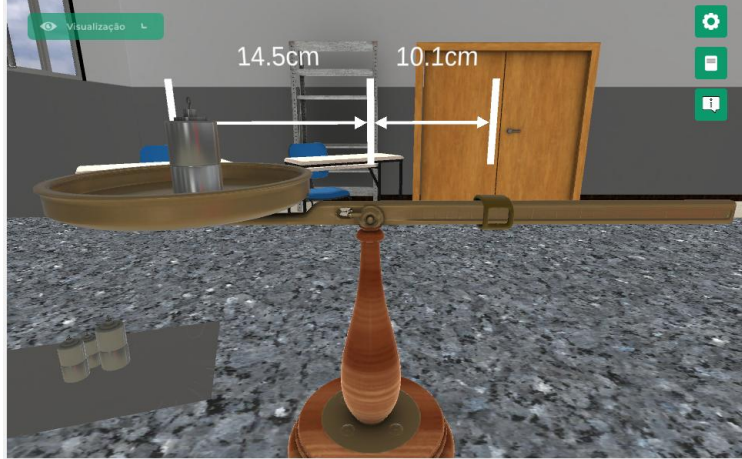
Quando os momentos gerados por essas forças nos dois lados do travessão se igualam, o momento resultante em torno do ponto de apoio se anula, mantendo a balança horizontal e em equilíbrio.

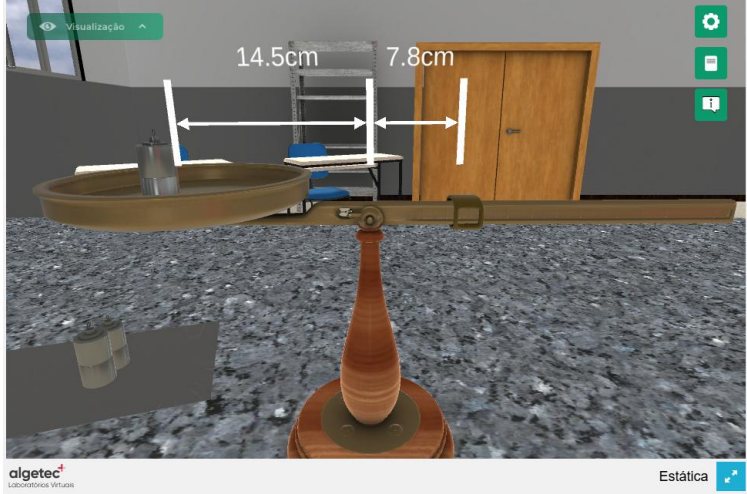
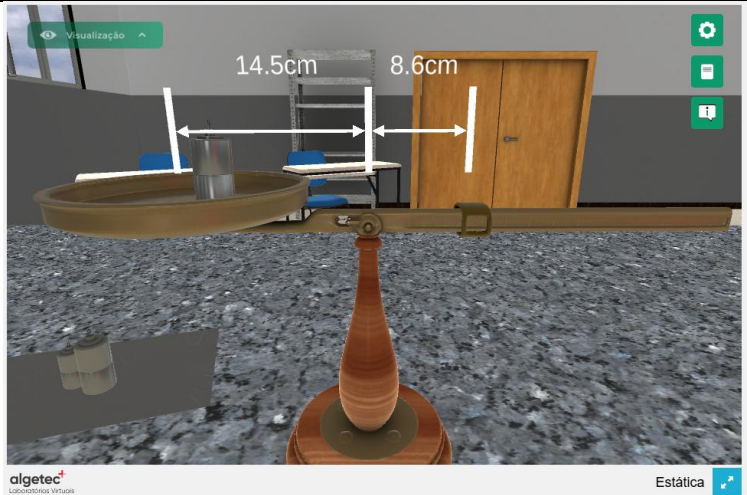
$$\sum F = 0 \text{ e } \sum M = 0$$

Sob a ação da gravidade ($P = m \cdot g$), os pratos se equilibram quando os momentos produzidos pelos objetos em cada lado são iguais. Se o momento de um lado for maior, o travessão gira até que se aplique uma correção (adicionando ou removendo massa), restabelecendo o equilíbrio estático.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Tabela 1 - Experimento utilizando o laboratório virtual da Algetec – balança de pratos.

 <p>Figura 1 – Visão frontal balança de pratos.</p>	<p>A balança encontra-se em desequilíbrio, indicando que os momentos dos dois lados não estão balanceados.</p> <p>Massa do contrapeso: 0,5 kg. Massa do prato: 0,2 kg.</p>
 <p>Figura 2 – Visão frontal balança de pratos.</p>	<p>Visão frontal da balança em perfeito equilíbrio horizontal.</p> <p>Massa do contrapeso: 0,500 kg, exercendo uma força de 4,905 N a uma distância de 0,101 m do ponto de apoio, gerando um momento de 0,4954 N·m.</p> <p>Massa do objeto sobre o prato: 0,3483 kg, com força peso de 3,4166 N a uma distância de 0,145 m, gerando momento equivalente de 0,4954 N·m.</p> <p>O equilíbrio confirma que os momentos em sentidos opostos se anulam ($\sum M=0$).</p>

	<p>Massa do contrapeso: 0,500 kg, força de 4,905 N a 0,078 m do ponto de apoio, momento de 0,3826 N·m.</p> <p>Massa do objeto: 0,2690 kg, força de 2,6386 N a 0,145 m, momento de 0,3826 N·m.</p> <p>Os momentos equilibrados garantem que o travessão permaneça estático e horizontal.</p>
	<p>Visão frontal da balança em equilíbrio horizontal.</p> <p>Massa do contrapeso: 0,500 kg, força de 4,905 N a 0,086 m, momento de 0,4218 N·m.</p> <p>Massa do objeto: 0,2966 kg, força de 2,9092 N a 0,145 m, momento de 0,4218 N·m.</p> <p>O equilíbrio é confirmado pelo fato de os momentos opostos se igualarem, mantendo a balança estática.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 2 – Resultados dos experimentos com diferentes massas e contrapesos

Experimento	Mcontrapeso (kg)	Pcontrapeso (N)	Dcontrapeso (m)	Mcontrapeso (N.m)	Mmassa (kg)	Pmassa(N)	Dmassa (m)	Mmassa (N.m)
1	0,5	4,905	0,101	0,495405	0,348275862	3,416586207	0,145	0,495405
2	0,5	4,905	0,078	0,38259	0,268965517	2,638551724	0,145	0,38259
3	0,5	4,905	0,086	0,42183	0,296551724	2,909172414	0,145	0,42183

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Experimento prático com kit polo de física mecânica 1 (Caixa 23)

Nesta parte, realizou-se o experimento utilizando diferentes massas e contrapesos acoplados a um travessão com régua milimétrica. Objetivou-se avaliar as condições de equilíbrio rotacional ao variar massa e distância ao ponto de apoio, calculando os momentos (N·m) correspondentes para cada configuração. Os valores experimentais foram registrados na Tabela 4 e as montagens fotográficas estão apresentadas na tabela 3 e figuras 5 a 13, na sequência.

Procedimento resumido:

- Posicionar o travessão de modo que o ponto de apoio fique fixo e a régua milimétrica centralizada.
- Aplicar o contrapeso em uma das extremidades e a massa na extremidade oposta, conforme as configurações experimentais.
- Medir a distância de cada peso ao ponto de apoio com a régua milimétrica (em metros).

Tabela 3 - Montagem do kit



	<p>Equipamentos utilizados para montagem do experimento: kit de física mecânica (Caixa 23).</p>
	<p>Realizada a montagem das hastes de 400m sobre os tripés estrela.</p>



Figura 7 – Painel magnético de 500x650 mm.

Realizada montagem do painel magnético de 500x650 mm.



Figura 8 – Kit montado.

Realizada montagem da placa magnética sobre as hastes de metal.

 <p>Figura 9 – Aferição de peso com dinamômetro.</p>	<p>Aferição do peso da régua/travessão com o dinamômetro de 5,0 N. Aferidos 0,4 N.</p>
 <p>Figura 10 – Travessão com régua milimétrica fixado sobre a placa de magnética.</p>	<p>Montagem do travessão com régua milimétrica sobre a placa magnética utilizando o fixador magnético.</p>
 <p>Figura 11 – Massa de 50g com gancho.</p>	<p>Massa de 50g com gancho.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Realização do experimento utilizando diferentes massas e contrapesos e um travessão com régua milimétrica.

No primeiro experimento, foi utilizada uma massa de 0,05 kg, posicionada a uma distância de 0,2 m do centro, e um contrapeso de 0,05 kg, também a 0,2 m do centro. O momento calculado para a massa e para o contrapeso foi de 0,0981 N·m. Conforme a teoria, a soma dos momentos nos sentidos horário e anti-horário resultou em momento nulo, condição necessária para o equilíbrio estático, o que pode ser observado na Figura 11.

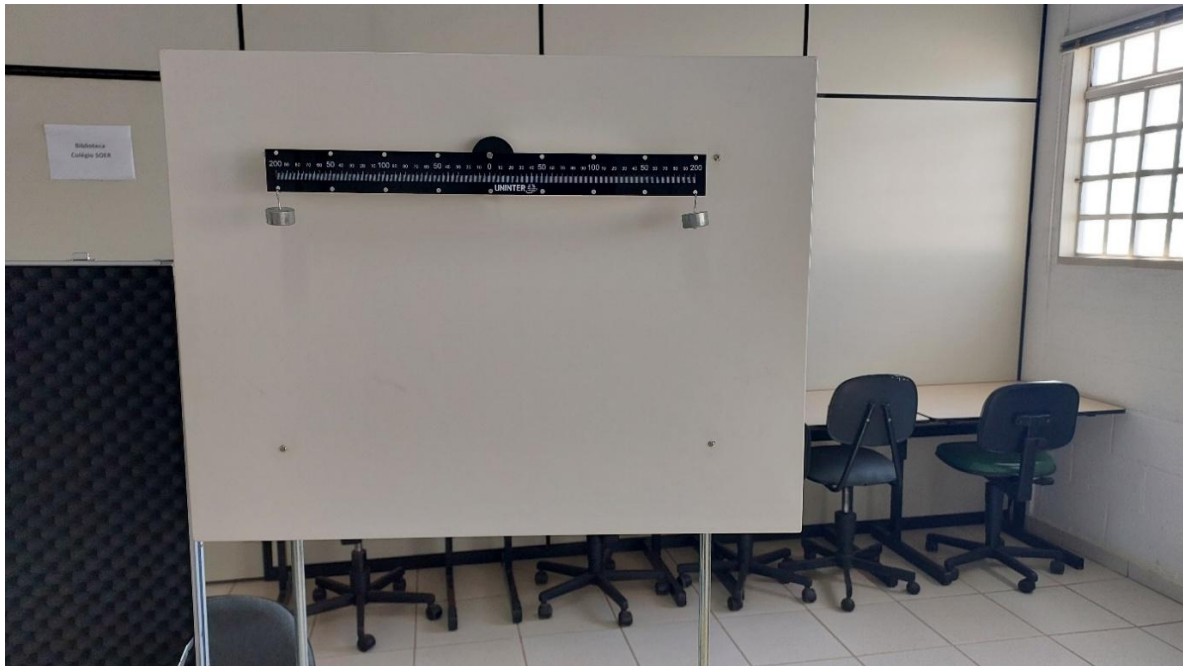


Figura 11 – Primeiro experimento: Massa e contrapeso de 0,05 kg.

No segundo experimento, a massa suspensa foi mantida em 0,05 kg a uma distância de 0,2 m, enquanto o contrapeso foi ajustado para 0,1 kg a 0,1 m. O momento obtido para ambos os lados foi igualmente de 0,0981 N·m, confirmando novamente a condição de equilíbrio rotacional, apresentada na Figura 12.



Figura 12 – Segundo experimento: Massa de 0,05 kg e contrapeso 0,1 kg.

No terceiro experimento, a massa utilizada foi de 0,15 kg a 0,2 m, enquanto o contrapeso foi de 0,2 kg a 0,15 m. Os momentos calculados foram de 0,2943 N·m em cada lado. Assim como nos casos anteriores, verificou-se que a soma dos momentos é nula, assegurando o equilíbrio do sistema, evidenciado na Figura 13.



Figura 13 – Terceiro experimento: Massa de 0,15 kg e contrapeso 0,2 kg.

ANÁLISE E RESULTADOS

Tabela 4 – Resultados dos experimentos com diferentes massas e contrapesos

Experimento	Mcontrapeso (kg)	Pcontrapeso (N)	Dcontrapeso (m)	Mcontrapeso (N.m)	Mmassa (kg)	Pmassa(N)	Dmassa (m)	Mmassa (N.m)
1	0,05	0,4905	0,2	0,0981	0,05	0,4905	0,2	0,0981
2	0,1	0,981	0,1	0,0981	0,05	0,4905	0,2	0,0981
3	0,2	1,962	0,15	0,2943	0,15	1,4715	0,2	0,2943

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nos experimentos realizados com diferentes combinações de massas e contrapesos, utilizando um travessão com régua milimétrica. O objetivo foi verificar a condição de equilíbrio estático, avaliando se os momentos nos dois lados do travessão se anulavam ($\sum M=0$).

Experimento 1

Neste experimento, tanto a massa do objeto quanto o contrapeso eram de 0,05 kg, posicionados a 0,2 m do ponto de apoio. O momento de cada lado foi de 0,0981 N·m, resultando em equilíbrio perfeito. Isso demonstra que quando os momentos são iguais, o travessão permanece horizontal, confirmando a teoria do equilíbrio estático.

Experimento 2

Aqui, o contrapeso foi aumentado para 0,1 kg, mas sua distância ao ponto de apoio foi reduzida para 0,1 m, enquanto a massa do objeto permaneceu 0,05 kg a 0,2 m. O momento em ambos os lados continuou sendo 0,0981 N·m, mostrando que diferentes combinações de massa e distância podem produzir o mesmo momento. O equilíbrio foi mantido, evidenciando a flexibilidade na distribuição de massas para manter o travessão estático.

Experimento 3

Neste caso, o contrapeso foi de 0,2 kg a 0,15 m, e a massa do objeto de 0,15 kg a 0,2 m. O momento calculado para ambos os lados foi 0,2943 N·m, novamente resultando em equilíbrio. Esse experimento reforça que o produto da massa pela distância ao ponto de apoio determina o momento e que o equilíbrio depende da igualdade dos momentos opostos, não apenas da massa isoladamente.

Conclusão

Os três experimentos confirmam que o equilíbrio estático é obtido quando os momentos em torno do ponto de apoio são iguais, independentemente das massas e distâncias individuais, desde que $M_{\text{massa}} = M_{\text{contrapeso}}$.

Observou-se que à medida que a massa do corpo aumenta, a distância em relação ao ponto de apoio diminui para manter o equilíbrio. Esses resultados demonstram na prática a aplicação da primeira lei de Newton e a relação entre massa, força peso e distância no cálculo de momentos.

REFERÊNCIAS

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Hélio. Física para universitários: mecânica. São Paulo: AMGH; Bookman; McGraw-Hill, 2012. p. 104-107.

MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. Física: mecânica estática. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 4-85.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: Mecânica. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Tradução e revisão técnica: Ronaldo Sérgio de Biasi.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica 1. 5. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher Ltda, 2013. 4. reimpr. 2017; 1. ed. digital, 2018.