2026 contecc
CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA

# ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ESTABILIDADE DE CORPOS UTILIZANDO INSTRUMENTO DIDÁTICO PARA DEMONSTRAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE

GUSTAVO NASCIMENTO LIMA[1] e AILTON MARCOLINO LIBERATO[2]

[1]Graduando em Engenharia de Produção, UNIR, Cacoal-RO, gnascimentolima7@gmail.com;
[2]DSc. em Meteorologia, Prof. Associado II Física, UNIR, Cacoal-RO, ailtonliberato@unir.br;

**RESUMO**: Este trabalho apresenta uma análise experimental das condições de equilíbrio e estabilidade de corpos utilizando um aparelho para estabilidade como recurso didático. A metodologia consistiu na realização de inclinações controladas do equipamento em diferentes direções, analisando-se o comportamento do prumo e a posição da projeção do centro de gravidade em relação à base de apoio. Os resultados demonstraram que a estabilidade do sistema depende diretamente da posição do centro de gravidade, da altura do corpo e da largura da superfície de sustentação. Verificou-se que o sistema permanece em equilíbrio enquanto a projeção vertical do centro de gravidade estiver contida dentro da base de apoio. Quando essa projeção ultrapassa os limites da superfície de sustentação, ocorre o tombamento do corpo em decorrência do momento gerado pela força gravitacional. Além disso, o equipamento apresentou potencial didático na demonstração prática dos conceitos de equilíbrio estático, estabilidade mecânica e momento de forças, contribuindo para a integração entre teoria e experimentação no ensino de física na engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade mecânica, Centro de gravidade, Equilíbrio estático.

## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BODY STABILITY USING A DIDACTIC INSTRUMENT FOR CENTER OF GRAVITY DEMONSTRATION

**ABSTRACT**: This work presents an experimental analysis of the equilibrium and stability conditions of bodies using a stability apparatus as a didactic resource. The methodology consisted of performing controlled inclinations of the equipment in different directions, analyzing the behavior of the plumb line and the position of the projection of the center of gravity relative to the support base. The results demonstrated that the stability of the system depends directly on the position of the center of gravity, the height of the body, and the width of the support surface. It was verified that the system remains in equilibrium while the vertical projection of the center of gravity is contained within the support base. When this projection exceeds the limits of the support surface, the body tips over due to the moment generated by the gravitational force. In addition, the equipment demonstrated didactic potential for the practical demonstration of the concepts of static equilibrium, mechanical stability, and moment of forces, contributing to the integration between theory and experimentation in physics teaching in engineering.

**KEYWORDS:** Mechanical stability. Center of gravity. Static equilibrium.

## INTRODUÇÃO

O estudo do equilíbrio e da estabilidade dos corpos constitui um dos fundamentos da mecânica clássica, sendo amplamente aplicado nas ciências exatas e nas engenharias. A compreensão desses fenômenos é essencial para a análise do comportamento de estruturas, máquinas, veículos e diversos sistemas físicos submetidos à ação de forças e momentos (Acuña, 2020; Schweder, 2007). Nesse contexto, conceitos como centro de gravidade, base de sustentação e equilíbrio mecânico tornam-se indispensáveis para a interpretação das condições de estabilidade dos corpos.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), um corpo encontra-se em equilíbrio estático quando a soma das forças e dos momentos atuantes sobre ele é igual a zero. Entretanto, a condição de equilíbrio, por si só, não garante estabilidade, uma vez que pequenas perturbações podem alterar a posição do centro de gravidade e provocar o tombamento do sistema. Dessa forma, a estabilidade mecânica está diretamente relacionada à posição da projeção do centro de gravidade em relação à superfície de apoio.

A análise da estabilidade possui grande relevância em aplicações práticas da engenharia, especialmente em projetos estruturais, equipamentos industriais, sistemas de transporte e veículos automotores, nos quais a distribuição de massa influencia diretamente a segurança operacional e o desempenho mecânico (Acuña, 2020; Schweder, 2007). Assim, o estudo das condições de estabilidade permite prever situações de tombamento, otimizar parâmetros geométricos e estabelecer limites seguros de operação para diferentes sistemas físicos.

No contexto educacional, a utilização de instrumentos didáticos experimentais contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita a visualização prática de fenômenos frequentemente abordados apenas de forma teórica (Araújo; Abib, 2003). A experimentação favorece a compreensão dos conceitos físicos relacionados ao equilíbrio e à estabilidade, permitindo associar os fundamentos teóricos às observações práticas realizadas em laboratório.

Apesar da relevância do tema e de sua ampla aplicação nas engenharias, observa-se que muitos estudos e práticas educacionais ainda apresentam abordagem predominantemente teórica, com limitada utilização de recursos experimentais voltados à demonstração prática desses fenômenos. Essa limitação pode dificultar a compreensão da relação entre centro de gravidade, superfície de apoio e comportamento estável dos corpos, especialmente no ensino experimental da física.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar experimentalmente o comportamento da estabilidade dos corpos utilizando um aparelho didático para demonstração do centro de gravidade, destacando a influência da posição do centro de gravidade e da base de apoio nas condições de equilíbrio e estabilidade mecânica.

A hipótese do estudo estabelece que a estabilidade do corpo depende diretamente da posição da projeção do centro de gravidade em relação à superfície de apoio, de modo que o sistema permanece estável enquanto essa projeção estiver contida dentro da base de sustentação, tornando-se instável quando ultrapassa seus limites (Hibbeler, 2018).

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada utilizando um aparelho para estabilidade disponível no Laboratório Didático de Física do curso de Engenharia de Produção da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Cacoal, Rondônia. O equipamento experimental é composto por três placas metálicas interligadas por barras articuladas e por um sistema de prumo localizado no centro geométrico da estrutura, possibilitando a análise visual das condições de equilíbrio e estabilidade dos corpos (Figura 1a).

Os ensaios experimentais foram conduzidos em uma superfície plana e horizontal, garantindo condições adequadas para a observação do comportamento do sistema em equilíbrio. Inicialmente, o aparelho foi mantido em posição vertical, permitindo identificar a condição de equilíbrio estável e a posição da projeção do centro de gravidade em relação à base de apoio. Posteriormente, foram realizadas inclinações graduais da estrutura em diferentes direções, observando-se o deslocamento do prumo e as alterações nas condições de estabilidade do sistema.

Durante os ensaios, analisaram-se três condições principais: I) equilíbrio estável, caracterizado pela permanência da projeção vertical do centro de gravidade dentro da base de apoio; II) equilíbrio instável, condição em que a projeção do centro de gravidade se aproximou da aresta de apoio, tornando o sistema mais suscetível ao tombamento; e III) perda de estabilidade, observada quando a projeção do centro de gravidade ultrapassou os limites da base de sustentação, provocando a queda do aparelho.

Além da análise qualitativa do comportamento do sistema, avaliou-se a influência da posição do centro de gravidade e da largura da base de apoio sobre as condições de estabilidade mecânica. Para isso, foram observadas as variações do comportamento do aparelho durante as inclinações, relacionando-se experimentalmente a tendência ao tombamento com a geometria do sistema e a ação da força gravitacional.

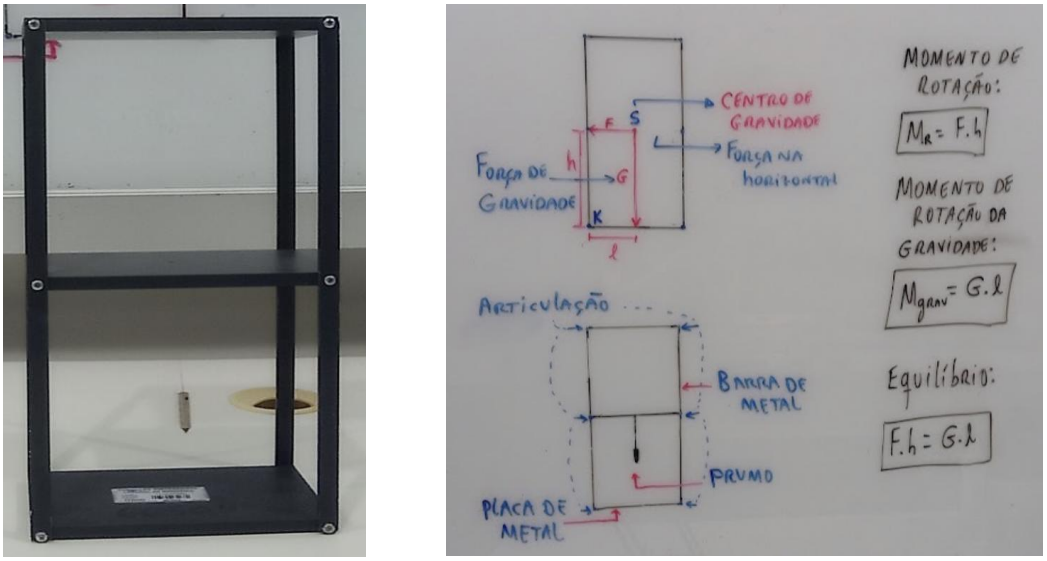
A análise teórica foi fundamentada na relação entre o momento da força gravitacional e o momento da força aplicada ao sistema. A estabilidade depende diretamente da relação entre o peso do corpo, a distância horizontal entre a projeção do centro de gravidade e a aresta de apoio, e a altura do centro de gravidade em relação à superfície de sustentação (Figura 1b).

A condição de equilíbrio foi analisada pela igualdade entre os momentos, conforme apresentado na Equação 1:

$$Fh=Gl$$

em que (F) representa a força horizontal aplicada, (h) corresponde à altura do centro de gravidade, (G) representa o peso do corpo e (l) corresponde à distância horizontal entre a projeção do centro de gravidade e a aresta de apoio.

Figura 1: Aparelho para a estabilidade (a) e momentos de rotação (b).




(a) (b)

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2026.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios experimentais demonstraram que a estabilidade do aparelho está diretamente relacionada à posição da projeção do centro de gravidade em relação à superfície de apoio. Quando o prumo permaneceu dentro da base de sustentação, o sistema apresentou equilíbrio estável, mantendo sua posição mesmo sob pequenas inclinações aplicadas à estrutura (Figura 2a).

Com o aumento gradual da inclinação, observou-se que a projeção do centro de gravidade se aproximou progressivamente da aresta de apoio. Nessa condição, o sistema apresentou redução da estabilidade, tornando-se mais suscetível ao tombamento e necessitando de menor força externa para perder o equilíbrio (Figura 2b). Quando a projeção do centro de gravidade ultrapassou os limites da base

de sustentação, ocorreu o tombamento do sistema, caracterizando uma condição de instabilidade mecânica (Figura 2c).

Os resultados experimentais obtidos estão em concordância com os princípios da mecânica estática descritos por Hibbeler (2018) e Beer *et al*. (2019), segundo os quais a estabilidade de um corpo depende da relação entre a posição do centro de gravidade e a base de apoio. Experimentalmente, verificou-se que o aumento da inclinação reduz a distância horizontal entre a projeção do centro de gravidade e a aresta de tombamento, diminuindo o momento restaurador responsável pela manutenção do equilíbrio.

Além disso, constatou-se que corpos com menor altura do centro de gravidade apresentam maior estabilidade, uma vez que o momento gerado pela força gravitacional tende a ser reduzido. De forma semelhante, superfícies de apoio mais amplas aumentam a estabilidade do sistema, pois ampliam a distância horizontal entre a projeção do centro de gravidade e a aresta de tombamento. Esse comportamento está de acordo com os princípios da mecânica clássica, evidenciando que a estabilidade depende diretamente da interação entre as forças gravitacionais e os momentos atuantes sobre o corpo.

A força necessária para provocar o tombamento pode ser representada pela Equação 2:

$$F = Gl/h$$

em que (F) representa a força aplicada, (G) corresponde ao peso do corpo, (l) à distância horizontal entre a projeção do centro de gravidade e a aresta de apoio, e (h) à altura do centro de gravidade. A equação demonstra que o aumento da altura do centro de gravidade eleva a tendência ao tombamento, enquanto maiores distâncias horizontais contribuem para o aumento da estabilidade do sistema.

Do ponto de vista didático, o equipamento apresentou eficiência na demonstração visual dos conceitos de equilíbrio estático e estabilidade mecânica. A utilização do prumo permitiu identificar claramente a posição do centro de gravidade durante os ensaios experimentais, favorecendo a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos.

Além disso, o experimento apresenta potencial de aplicação em disciplinas das áreas de Física, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, contribuindo para a integração entre teoria e prática experimental. Os conceitos analisados neste estudo podem ser aplicados na avaliação da estabilidade de veículos de carga, estruturas metálicas, equipamentos industriais e sistemas submetidos a inclinações e esforços externos.

Figura 2: Equilíbrio estável (a), equilíbrio instável (b) e perda de estabilidade (c ).

(a) (b) (c )

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2026.

## CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou a análise experimental das condições de estabilidade de corpos por meio da utilização de um aparelho didático para demonstração do centro de gravidade, evidenciando

a influência direta da posição da projeção vertical do centro de gravidade em relação à base de apoio nas condições de equilíbrio e tombamento do sistema. Os resultados obtidos demonstraram que a estabilidade mecânica depende não apenas da posição do centro de gravidade, mas também da altura do corpo e da largura da superfície de sustentação, confirmando os princípios da mecânica estática relacionados ao equilíbrio de corpos rígidos e à ação dos momentos de força. Além disso, o equipamento apresentou elevada eficiência como recurso didático experimental, favorecendo a visualização prática dos fenômenos físicos envolvidos e contribuindo para a integração entre teoria e experimentação no ensino de física na engenharia.

**REFERÊNCIAS**

ACUÑA, M. A. Comportamento dinâmico de um caminhão 6x6 com suspensão tipo Bogie. 2020. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Instituto Militar de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Rio de Janeiro, 2020.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003. (Araújo; Abib, 2003)

BEER, F.P.; JOHNSTON JÚNIOR, E.R.; MAZUREK, D.F.; EISENBERG, E.R. **Mecânica vetorial para engenheiros**: estática. 11. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2019.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**: mecânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HIBBELER, R. C. **Estática**: mecânica para engenharia. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

SCHWEDER, R. K. MODELAGEM DE CARROCERIA DE ÔNIBUS PELO MEF PARA ESTUDO DE DINÂMICA VEICULAR. 2007. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2007.