

## Estimando o coeficiente de atrito cinético usando um smartphone

### 1. Objetivos

Os objetivos desta proposta experimental é a utilização de um smartphone para determinar a aceleração imposta pela força de atrito entre duas superfícies que se movem uma em relação à outra e, a partir disso, estimar o coeficiente de atrito cinético entre essas superfícies.

O experimento usa o acelerômetro embarcado nos smartphones e o processo de aquisição de dados é feito pelo próprio aparelho usando aplicativo gratuito. O tratamento dos dados experimentais é feito usando uma planilha eletrônica.

A atividade pode ser desenvolvida em laboratório ou na própria sala de aula sendo sua duração da ordem de 45 minutos.

### 2. Requisitos

Para o bom desenvolvimento desta atividade experimental, os estudantes já devem ter estudado:

- ☞ Dinâmica: leis de Newton, forças, força de atrito.
- ☞ Cinemática: aceleração e classificação dos movimentos.

### 3. Materiais

- ☞ Smartphone.
- ☞ Aplicativo Physics Toolbox Sensor Suite (PTSS).
- ☞ Placa de MDF medindo aproximadamente 50cm x 50cm.
- ☞ Feltro.
- ☞ Planilha eletrônica.
- ☞ Caixinha que comporte o smartphone em seu interior.

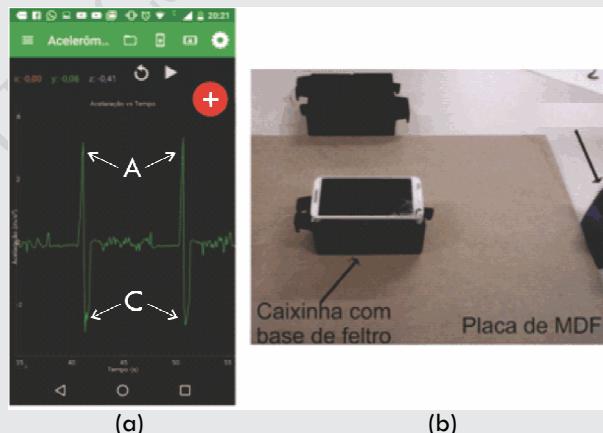
### 4. Procedimentos experimentais

O primeiro passo é organizar dois pares de superfícies onde o movimento relativo ocorrerá. Aqui é fundamental que se use dois pares de materiais que assegurem sensível diferença entre

seus coeficientes de atrito. Esses pares podem ser compostos, por exemplo, por MDF (base fixa) e um pedaço de feltro e o outro de MDF e um pedaço de plástico. Sugere-se que o feltro e o plástico sejam, um de cada vez, colados na parte externa do fundo de uma caixinha que possa acomodar o smartphone em seu interior.

Com o smartphone executando o aplicativo PTSS na opção “Força g” ou “Acelerômetro linear”<sup>1</sup>, inicie o processo de gravação dos dados clicando no símbolo “+” no canto superior direito do PTSS como mostrado na figura 1a que apresenta a tela do PTSS em uma situação típica do experimento. Na figura 1b é mostrada a placa de MDF e a caixinha com o smartphone.

Para obter o gráfico mostrado na tela do smartphone da figura 1a, é necessário que o conjunto caixinha-smartphone seja acelerado (empurrado) sobre a placa de MDF e, em seguida, abandonado para que apenas a força de atrito cinético atue, levando ao repouso.



**Figura 1:** Tela do PTSS (a) mostrando resultados característicos do experimento. Em (b) é mostrada a placa de MDF, a caixinha com feltro e o smartphone.

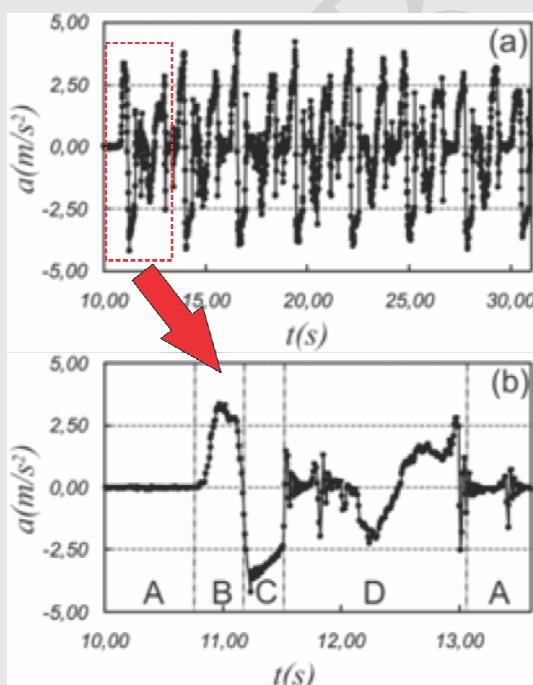
Os picos da figura 1a correspondem a duas “rodadas” consecutivas do experimento. Aqueles indicados por “A” são referentes ao processo de aceleração do conjunto, isto é,

<sup>1</sup> Esta opção está disponível apenas em smartphones que tenham um giroscópio embarcado.



quando é empurrado para adquirir velocidade, já os indicados por “C”, são os correspondentes ao processo de desaceleração imposta pela força de atrito entre as superfícies em contato. É a partir deste último trecho que o coeficiente de atrito entre o par de materiais será estimado. Sugere-se que o experimento seja repetido por algo da ordem de 5 vezes e, ao final, seja tomada uma média das acelerações obtidas para, então, obter o coeficiente de atrito cinético.

A figura 2a mostra um conjunto de dados típicos do experimento (aceleração em função do tempo) onde ocorreram oito repetições do movimento do conjunto caixinha-smartphone. Já a figura 2b apresenta uma ampliação apenas do primeiro par de picos da figura 1a (retângulo tracejado em vermelho). Essa figura está dividida em 4 regiões distintas, sendo que a de interesse na determinação da aceleração imposta pela força de atrito é a indicada por C. A região A indica os intervalos de tempo em que o sistema está parado, aguardando nova movimentação e B se refere ao intervalo de tempo onde o sistema é manualmente acelerado (empurrado) para adquirir velocidade. Já a região D é o intervalo de tempo onde o sistema é recolocado em sua posição inicial para nova repetição do processo.



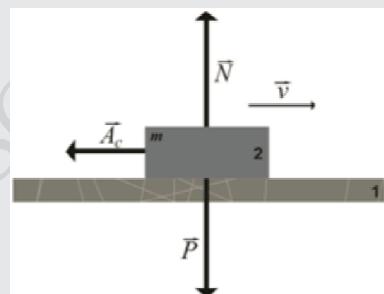
**Figura 2:** Resultados organizados com o auxílio de uma planilha eletrônica. Em (a) são mostrados oito pares de picos (oito lançamentos) e em (b) é mostrada uma ampliação do primeiro par (retângulo vermelho).

Como é possível observar na região C da figura 2b, esse pico é constituído por um conjunto de pontos referentes à aceleração do sistema e há variação nos valores das acelerações impostas pelo atrito. Desta forma, para estimarmos a aceleração oriunda da força de atrito, tomamos a média desses valores. No caso ilustrado na figura 2b, essa média resulta em  $a = 2,85 \text{ m/s}^2$ .

A figura 3 mostra, de forma esquemática, as forças que atuam no sistema caixinha-smartphone após ter sido abandonado e ficando, na direção horizontal, somente sob o efeito da força de atrito  $\vec{A}_C$ . Nessas condições, o coeficiente de atrito cinético é dado por

$$\mu = \frac{a}{g}, \quad (1)$$

onde  $a$  é a aceleração obtida a partir do acelerômetro do smartphone conforme descrito anteriormente e  $g$  é o módulo da aceleração da gravidade local. No caso dos dados mostrados na figura 2a, considerando a média das oito acelerações obtidas, chega-se a um coeficiente de atrito  $\mu = 0,30$  para o par MDF-feltro.



**Figura 3:** Ilustração das forças que atuam sobre o sistema caixinha-smartphone mostrando também o vetor velocidade.

## 5. Sugestões de aplicação e avaliação

Esta atividade pode ser aplicada para contribuir no desenvolvimento ou aprofundamento da habilidade de elaborar hipóteses, previsões e estimativas, permitindo interpretar modelos explicativos. Ainda, pode contribuir para o estudante melhor interpretar gráficos permitindo participar de discussões sobre o tema aqui explorado, levando a uma maior compreensão acerca das implicações do atrito nos fenômenos observados no dia a dia. Tais habilidades estão



previstas e descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [1].

A realização deste experimento pode ocorrer após as aulas teóricas sobre leis de Newton e forças (peso, normal, tração e atrito), permitindo aos estudantes aplicarem, em contexto experimental, a segunda lei de Newton para a estimativa do coeficiente de atrito entre diferentes pares de superfícies.

O experimento permite uma abordagem de caráter tecnológico visto que usa o smartphone e aplicativo gratuito para coletar os dados oriundos de medidas realizadas por sensores embarcados no aparelho. Ainda, utiliza uma planilha eletrônica para a organização e tratamento dos dados experimentais coletados.

Por fim, permite fomentar a discussão sobre materiais geralmente utilizados na indústria mecânica, onde os atritos constituem preocupação constante, tendo implicação direta, por exemplo, no rendimento de motores elétricos e a combustão.

## 6. Informações adicionais

Os resultados referentes a este experimento foram apresentados no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) [2].

[ Ministério da Educação e Cultura (MEC) Brasil, 1 "Base Nacional Comum," Ministério da Educação e Cultura, Brasília, 2018.

[ Antonio Augusto Soares, Júlia Marques, and 2 Renan Gustavo Beloni Freitas, "Determinando o ] coeficiente de atrito cinético com um smartphone," in *XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Carlos-SP, 2017, pp. 1-8, <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/programa/trabalhos.asp?sesId=42&str=Soares#>.