

## Roteiro do Experimento “Atrito” (Parte 2)

### A) Introdução ao experimento

Na 1ª etapa deste experimento, cada estudante determinou os coeficientes de atrito estático e cinético em duas situações diferentes. Na página do experimento estão detalhados diferentes cenários experimentais dos quais foram geradas as situações de análise.

Cada uma dessas situações foi filmada várias vezes e cada série de fotos para análise está identificada por uma sigla que começa com as letras entre parênteses acima e dois dígitos, de forma a individualizar cada filmagem. Por exemplo, AM04 é o conjunto de fotos extraída da 4ª filmagem do bloco de aço escorregando em madeira.

O objetivo do grupo é verificar até que ponto o experimento efetuado valida as leis empíricas do atrito: a força de atrito opõe-se ao movimento ou à sua tendência; independe da área de contato; tem valor constante quando o corpo está em movimento; o coeficiente de atrito independe do peso do objeto; materiais diferentes têm coeficientes de atrito diferentes. Essa tarefa é possível porque, em grupo, dispomos de medições em um número maior de situações do que cada um dispunha isoladamente, o que lhes permitirá testar quase todos os aspectos da teoria.

### B) Informações complementares

O atrito de contato está sempre presente nos movimentos das nossas atividades diárias, de maneira que precisamos aprender a descrever e a prever o comportamento de sistemas mecânicos em situações em que o atrito precisa ser levado em conta. Usamos na disciplina, como de hábito nos cursos de Física, um modelo esquemático, devido a Coulomb, que trabalhou nesse assunto no final do século XVIII. Embora permita compreender e explicar a grande maioria dos fenômenos observados na prática, as leis são aproximadas. É complicado lidar com esta situação, aliás, o nome “lei” não devia ser usado neste caso, visto que não temos regras bem definidas para seguir. No entanto, este tipo de situação costuma acontecer quando lidamos com sistemas naturais. Assim, este laboratório virtual pretende dar a partida na sua construção do entendimento dos fenômenos de atrito, o que requer vivência na tarefa de observar; descrever; modelar; prever (ou explicar) a evolução dos sistemas que nos cercam. Do ponto de vista teórico da Física, a ocorrência de atrito é determinante na evolução dos sistemas físicos; entretanto, a forma exata com que ele se manifesta não é particularmente importante, de modo que este é um assunto sobre o qual não nos deteremos longamente na teoria. Uma boa descrição do atrito, com detalhes mais avançados do que precisamos, pode ser lida em inglês num site que traz também fatos históricos a respeito do assunto:

<http://www.engin.brown.edu/courses/en3/Notes/Statics/friction/friction.htm>

### C) Procedimento de elaboração do relatório

O relatório deve ser elaborado em grupo de três estudantes, com os itens apresentados abaixo:

C1. *Introdução*: apresente o objetivo – procure ser sintético. Forneça um apanhado geral do experimento, sugira o tipo de resultado que procura obter e que discussões pretende levar. Deixe a conclusão para a última seção.

C2. *Fundamentação Teórica*: descreva o modelo esquemático das forças de atrito. Além de apresentar as leis resumidamente, descreva as grandezas em que baseará sua análise e discussão e defina os símbolos usados nas expressões matemáticas. Não esqueça de

apresentar um diagrama de corpo livre que sirva para aplicar a 2ª lei de Newton na situação do experimento.

C3. *Método experimental*: descreva o experimento. Além do arranjo todo, forneça os componentes, dimensões, massas, etc, que julgar relevantes para quem for repetir o experimento. Descreva o funcionamento: movimento relativo dos componentes, trajetórias, velocidades e acelerações típicas, tempos característicos, etc.

C4. *Resultados experimentais*: selecione uma das séries de fotos e apresente o gráfico  $v(t)$  correspondente, para que o leitor tenha idéia da qualidade de seus dados experimentais. Comente sobre a uniformidade ou não da aceleração durante o intervalo de tempo considerado no gráfico. Apresente os resultados obtidos, ou seja, os coeficientes de atrito estático e cinético dos casos que lhe foram atribuídos na primeira etapa. Não deixe de identificar claramente a que série de fotos cada resultado se refere (aço-madeira 3, aço-vidro 1 etc).

C5. *Discussão*, comparando os coeficientes de atrito obtidos em sistemas diferentes, comente se eles estão de acordo ou não com as leis empíricas do atrito, tais como a independência da força de atrito com a área de contato e a proporcionalidade da força de atrito cinética com a normal. Em seguida, verifique se seus dados estão na faixa de resultados experimentais que aparecem no histograma, que está na aba Roteiros da experiência de ATRITO no sítio de experimentos virtuais, com o título “Análise do conjunto de resultados”. Faça um esboço do histograma e marque o seu resultado por meio de pequenas quadrículas dentro do histograma; considerando o conjunto dos dados experimentais, discuta se as leis empíricas do atrito podem ser aplicadas no experimento realizado.

C6. *Conclusão*: resuma os principais resultados do experimento. Pontos sugeridos: variabilidade dos coeficientes de atrito para um mesmo sistema; relação entre coeficiente estático e cinético; dependência do comportamento dos coeficientes de atrito com os materiais em contato; validade das leis do atrito. Comente também se esses resultados combinam com o que você já havia estudado sobre o atrito e se concordam com os fenômenos cotidianos.

C7. *Avaliação e Comentários* (Opcional), caso queira fazer sugestões sobre a atividade ou o experimento; não deixe esse assunto disperso nos outros itens do relatório.

## D) Apêndice: Análise do Conjunto dos Resultados do Experimento de Atrito

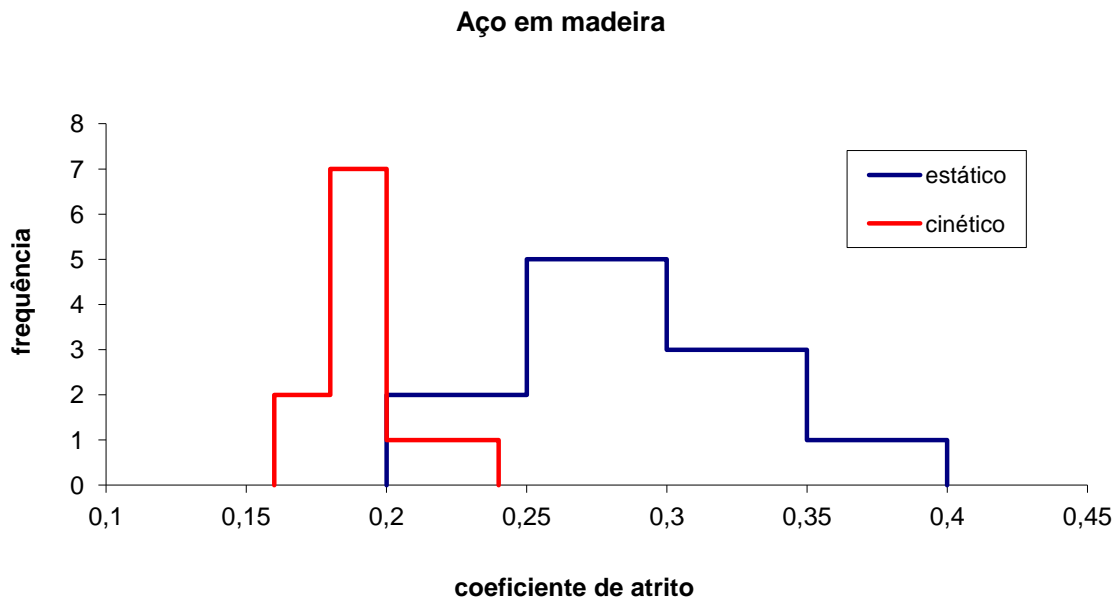
A seguir, apresentaremos os histogramas dos dados obtidos por todos os estudantes em todas as situações, de modo que os resultados que sua equipe obteve estão certamente representados neles.

Os canais dos histogramas foram definidos por intervalos fechados à direita. Assim, no histograma das medições de Aço em madeira, os dados representados no canal 0,30-0,35 estão na faixa  $0,30 < m \leq 0,35$  enquanto que o canal 0,25-0,30 representa os dados na faixa  $0,25 < m \leq 0,30$ , de forma que é neste último canal que cai o valor  $m = 0,30$ .

Há várias maneiras de construir histogramas; nestes, as áreas sob as curvas são diferentes.

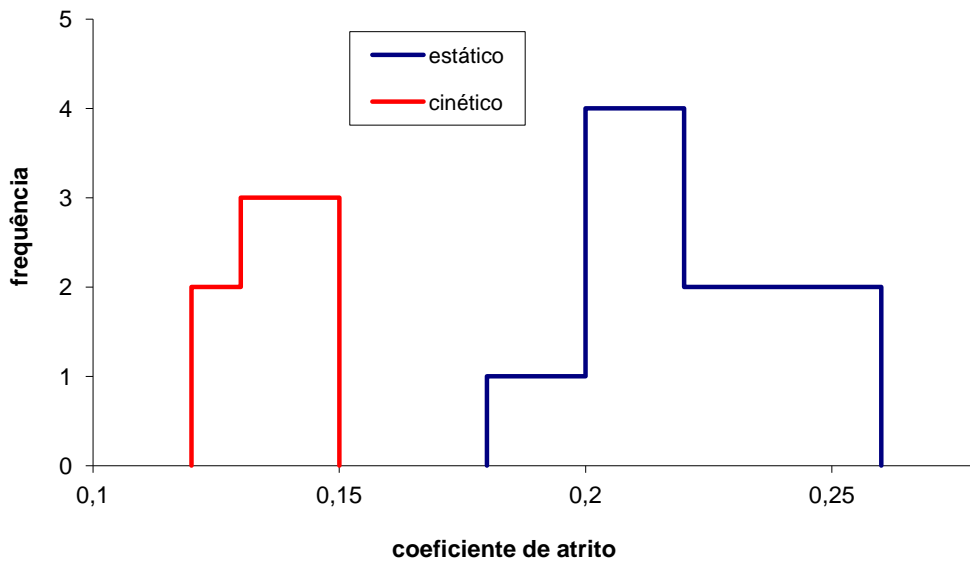
### 1. Análise das medidas do bloco de aço escorregando em madeira

O histograma abaixo representa todos os resultados obtidos nos experimentos de AM01 até AM011.



## 2. Análise das medidas do bloco de aço escorregando em vidro

No histograma abaixo, estão os resultados obtidos nos experimentos AVG, AVP e AVS, exceto um deles, que não teve aceleração constante durante o deslizamento.



## 3. Variação com área de contato e sobrepeso.

Este histograma detalha o anterior, pela identificação do sistema usado. Os dados das medições em que o bloco de aço carregava o sobrepeso estão em azul (ensaios AVS01, AVS02 e AVS03), aqueles em que ele encostava no plano sua menor superfície estão em verde (ensaios AVP01, AVP02 e AVP03) e os casos em que a superfície de contato era a maior e o bloco não carregava o sobrepeso estão em amarelo (ensaios AVG01, AVG02 e AVG03).

