

A Física em um Canhão de Batatas

(Physics of a potato gun)

Marcelo M. Fares Saba

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Clube de Ciências Quark
Cx. P. 515, 12201-970, S. José dos Campos (SP)
e-mail: saba@dge.inpe.br

Francisco J. Fraga da Silva

Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Eng. Eletrônica
Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50, 12228L-900, S. José dos Campos (SP)

Ricardo Caputo de Souza

E.P.S.G. Olavo Bilac/Ayres de Moura
R. Francisco Paes, 84, 12210-100, S. José dos Campos (SP)

Recebido em 5 de Março, 1998

Um canhão de batatas que dispara uma batata a uma velocidade de aproximadamente 200 km/h é certamente algo atrativo. Porém, não somente quanto ao aspecto lúdico, mas também do ponto de vista didático. Neste artigo descrevemos a sua construção e os diferentes métodos, alguns originais, utilizados na determinação da velocidade do projétil. Mais da metade dos tópicos do estudo de mecânica visto no segundo grau são abordados nos métodos e experiências propostas.

A potato gun that fires a potato at an approximate speed of 200 km/h is certainly something attractive. Not only as a funny project, but also as a didactic one. In this article we describe the construction plans and also different methods, some of them original, to determine the velocity of the projectile. More than half of the topics seen in the study of mechanics in the secondary level are discussed in the methods and experiments proposed.

I Introdução

Laboratórios de física são infelizmente um privilégio de algumas escolas de segundo grau. A aparelhagem cara afasta às vezes algumas escolas deste importante ambiente de aprendizagem de física que é o laboratório. Outras vezes, os recursos utilizados em laboratório, ainda que sofisticados, não atraem atenção dos jovens estudantes.

Com o intuito de criar uma atividade de laboratório de física que fosse ao mesmo tempo atrativa e de baixo custo, construímos um canhão de batatas. Os planos para a sua construção encontram-se no apêndice deste artigo e o custo de montagem é pequeno. É claro que ao primeiro tiro conquistamos a atenção não apenas dos alunos envolvidos mas de toda escola. Propusemos então aos alunos de física o desafio de calcularmos a ve-

locidade aproximada com que a batata sai do canhão. O desafio foi aceito com entusiasmo, e com muita seriedade.

II Método de trabalho

Aceito o desafio, discutimos em sala quais seriam os possíveis métodos para a determinação da velocidade da batata. Tivemos então uma interessante e frutuosa discussão a respeito dos conceitos de velocidade e os métodos de medição de tempo e de distância. Sendo a velocidade da batata visivelmente alta, percebemos todos que um cronômetro seria incapaz de adquirir o tempo com precisão. Surgiu então o primeiro método para a determinação da velocidade média da batata: a utilização de uma câmara amadora de vídeo. Ao longo das semanas, a discussão deste e de outros 3 métodos

deram margem a inúmeras idéias, algumas já utilizadas em laboratórios de física e outras totalmente originais. Os quatro métodos são descritos a seguir:

1. Método da Imagem

Material necessário:

Canhão de batatas;

Fita métrica;

Alvo;

Filmadora*;

Videocassete*.

* Pode ser conseguido junto aos pais caso a escola não possua.

Neste método, filmamos por trás do canhão a trajetória da batata em direção a um alvo colocado em uma distância conhecida. Passando a fita de vídeo no modo quadro a quadro, e sabendo que o intervalo de tempo entre dois quadros consecutivos é de 1/30 s pudemos calcular o intervalo de tempo entre o momento em que a batata sai do cano e o momento do impacto

no alvo. Com o tempo e a distância, calculamos a velocidade média.

Calculamos as velocidades de vários tiros e discutimos quais seriam os motivos para a variação de velocidade encontrada (razão combustível/comburente; imprecisão nas medidas...).

2. Método do Som

Material necessário:

Canhão de batatas;

Fita métrica;

Alvo;

Gravador;

Microcomputador com placa de som.

Com o canhão, disparamos uma batata contra um alvo. A distância do canhão ao alvo deve ser conhecida. Gravamos o som do disparo e do impacto da batata com um gravador colocado exatamente entre o canhão e o alvo (Fig.1), a fim de que seja compensada a diferença de tempo causada pela velocidade do som.

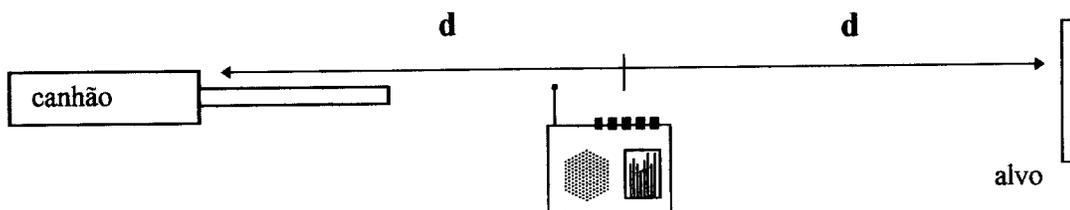


Figura 1. Canhão, alvo e gravador no método do som.

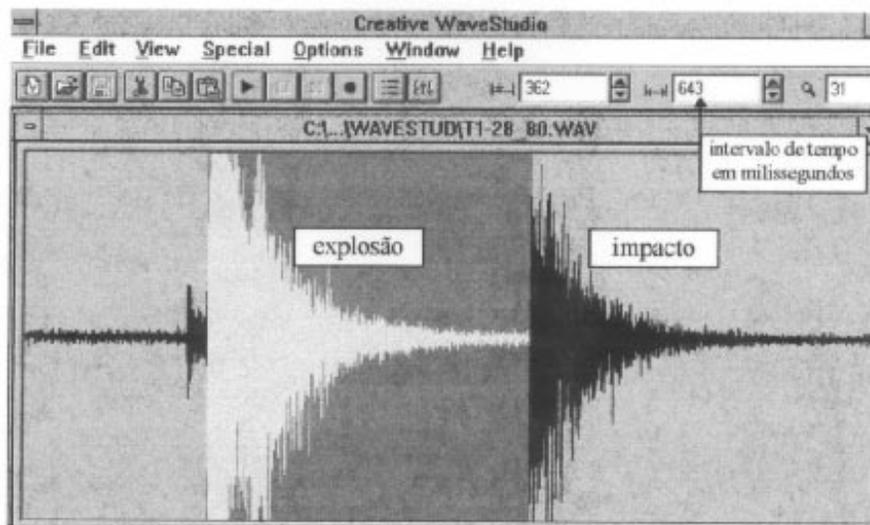


Figura 2. Gráfico de onda apresentado pelo aplicativo "Sound Blaster".

Reproduzimos o som gravado no microfone de um microcomputador dotado do programa “Wave Studio” do aplicativo “Creative+ Sound Blaster” (Windows 95). Através de gráficos como o ilustrado na Figura 2 podemos determinar com ótima precisão o tempo entre o momento da explosão e do impacto e portanto a velocidade média. Convém aqui também discutir as incertezas nas medidas de distância e tempo e a influência da velocidade do som nas medidas de tempo.

III Método da Quantidade de Movimento

Material necessário:

- Canhão de batatas;
- Fita métrica;
- Cronômetro;
- Balança;
- Tábua;
- Carrinho (explicado no texto).

Construímos com rolimãs pequenos e algumas ripas de madeira um carrinho sobre o qual apoiar o canhão. Esse conjunto foi então posto sobre uma tábua lisa e inclinada de modo a compensar o atrito. Buscamos uma inclinação tal de modo que ao menor toque o canhão corresse sobre a tábua com velocidade constante (Fig. 3). Conhecida a massa do canhão e da batata, e determinando a velocidade de recuo do canhão com um cronômetro e uma fita métrica, foi possível encontrar a velocidade da batata ao sair do canhão. Convém discutir com os alunos a compensação do atrito com um plano inclinado.

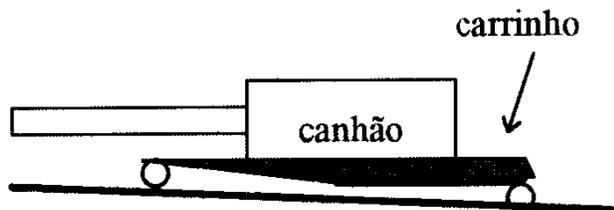


Figura 3. Canhão de batatas em um plano inclinado apoiado sobre um carrinho.

IV Método do Pêndulo Balístico

Material necessário:

- Canhão de batatas;

- Cronômetro;
- Tábua;
- Filmadora;
- Tubo de PVC para esgoto (1m x 75mm diam.) com tampa de encaixe (cap);
- Copos descartáveis de papel ou plástico (capacidade ≈ 180 ml);
- Garrafa plástica de refrigerante de 2 litros;
- Carrinho.

Construímos o pêndulo balístico pendurando com barbante no teto o tubo de PVC com os copos descartáveis dentro. Fechamos uma das extremidades do tubo com a tampa. Para aumentar a massa do pêndulo, fixamos com fita adesiva no centro do tubo uma garrafa de refrigerante com 2 litros de água. Disparamos a batata contra o pêndulo balístico. Os copos descartáveis plástico tornam o choque praticamente inelástico (Fig.4).

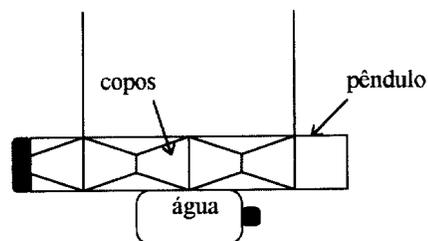


Figura 4. O pêndulo balístico.

Filmamos o deslocamento do pêndulo. Este tinha atrás de si uma escala de altura para facilitar a determinação do seu deslocamento vertical h . Sabendo a massa da batata e do pêndulo balístico, pela conservação da quantidade de movimento e pela conservação de energia ou pela equação de Torricelli, é possível calcularmos a velocidade da batata.

Sabemos que a quantidade de movimento (Q) da batata antes desta se chocar com o pêndulo é:

$$Q = m\nu_0 \tag{1}$$

onde ν_0 : velocidade batata;

m : massa da batata.

Após o impacto, a quantidade de movimento será:

$$Q = (m + M)V_1 \tag{2}$$

sendo V_1 : velocidade do conjunto pêndulo-batata,

M : massa do pêndulo.

De acordo com a equação de Torricelli (ou pela conservação de energia):

$$V_2^2 = V_1^2 + 2gh$$

onde V_2 : velocidade final do conjunto pêndulo-batata;

g : aceleração da gravidade;

h : deslocamento vertical.

Como $V_2 = 0$ então:

$$V_1 = (2gh)^{1/2}$$

Substituindo a relação anterior em (2) temos:

$$Q = (m + M)(2gh)^{1/2}$$

Como a quantidade de movimento se conserva, substitui-se a relação anterior em (1) para termos a velocidade da batata:

$$v_0 = \frac{(m + M)(2gh)^{1/2}}{m}$$

Para cada tiro efetuado a velocidade de recuo do canhão também era medida para que pudéssemos comparar este método com o anterior. As velocidades das batatas em cada tiro obtidas pelos dois métodos são muito similares (Fig. 5).

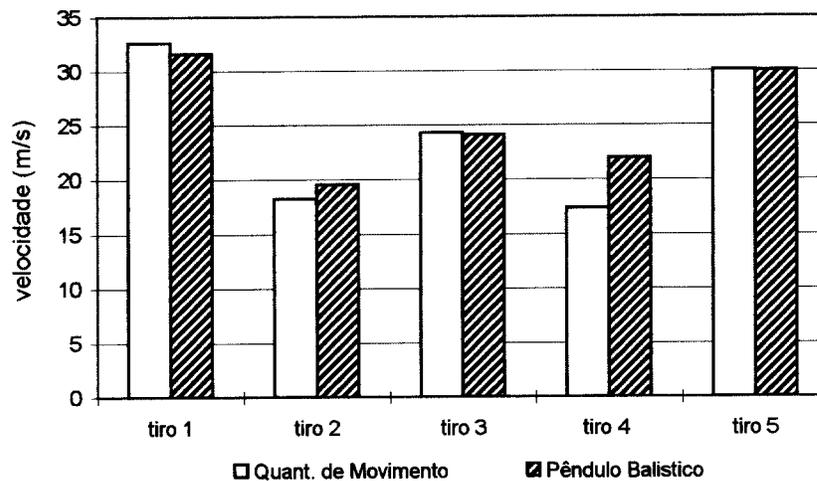


Figura 5. Gráfico dos resultados obtidos pelos métodos da Quantidade de Movimento e do Pêndulo Balístico.

Divisão da turma em grupos de trabalho

Dividimos a sala em grupos de 2 a 4 alunos de modo que houvesse maior participação possível. Atribuímos a cada grupo uma função bem específica:

Grupo I:	construção do canhão
Grupo II:	construção do pêndulo balístico
Grupo III:	aquisição de imagens de vídeo
Grupo IV:	aquisição do som dos impactos
Grupo V:	utilização do software WaveStudio
Grupo VI:	construção do alvo, organização e medidas de segurança
Grupo VII:	construção do carro de recuo do canhão e da rampa para a compensação do atrito

V Metodologia

1. Propôs-se a cada grupo tópicos de estudo correlatos às funções recebidas para apresentação em sala de aula em data estabelecida. Note que, das experiências que são descritas neste artigo, é possível extrair conteúdo

para a discussão de vários tópicos de mecânica. Entre eles citamos: velocidade e aceleração, equação de Torricelli, independência dos movimentos horizontal e vertical, 1a., 2a. e 3a. lei de Newton, atrito, resistência do ar, trabalho, conservação de energia, impulso, quan-

tidade de movimento, movimento no plano inclinado, tipos de choques. Outros tópicos que podem também ser estudados são: elementos de uma combustão, expansão dos gases, transformação de energia, velocidade do som, propriedades piezelétricas do quartzo.

2. Marcou-se um dia para a aquisição dos dados (usar quadra esportiva ou pátio).

3. Feita a aquisição dos dados, marcou-se outra data para análise dos dados obtidos.

4. Por fim definiu-se a data para a apresentação final das tarefas realizadas e a discussão dos resultados adquiridos.

VI Avaliação

Os seguintes tópicos foram considerados na avaliação dos alunos:

1. Participação no grupo.
2. Apresentação dos tópicos correlatos.
3. Apresentação das tarefas realizadas e resultados obtidos.
4. Entrega de relatórios.

VII Conclusões

A motivação dos alunos através de um experimento que os envolve e diverte pode ter surpreendentes benefícios do ponto de vista didático. Eis algumas razões que contribuíram para o envolvimento obtido:

- O aluno passou a ver o laboratório não como um meio para confirmar fórmulas aprendidas em sala de aula, mas como local propício à realização de atividades interessantes como a solução de desafios e de problemas próximos à sua realidade.
- A curiosidade e o interesse despertados inseriram o aluno no problema.
- O uso de instrumentos de seu interesse e uso na obtenção dos dados (vídeo e computador).
- Houve nas discussões um saudável espaço para a participação e a criatividade dos alunos.
- Incentivou-se o trabalho em equipe e a interdisciplinaridade.

Por fim, foi possível mostrar aos alunos que o aprendizado de física além de útil pode ser interessante e divertido.

VIII Apêndice

Descrevemos agora como proceder para a construção de um canhão de batatas. Para aqueles que desejarem conhecer o projeto original, poderão encontrá-lo na página da internet <http://www2.csn.net/~bsimon/backyard.html>.

Material (observe a Figura 6):

- desodorante spray;
- batatas (quanto maior, melhor);
- cola para tubos PVC e lixas 220;
- 1. um cap com rosca para 3",
- 2. uma luva com rosca para 3" (85x3");
- 3. 40 cm de tubo de 3" (três polegadas) para a câmara de combustão;
- 4. Luva para tubo de 3";
- 5. Uma redução de 85x60mm;
- 6. Uma redução de 60x32mm;
- 7. 1 metro tubo de 32mm (cano de saída da batata);
- 8. um centelhador piezelétrico, p. ex. "magiclick";
- 9. Um bastão para empurrar a batata (p.ex. cabo de vassoura).

Obs.: todo o material deve ser de PVC para água (parede grossa resistente), o PVC mais fino normalmente usado para esgoto NÃO SERVE.

Procedimento:

Lixe todas as partes a serem coladas e seja generoso na quantidade de cola. A peça 1 (cap com rosca) não deve ser colada. Para fixar a peça 8 faça um furo na peça 4 e cole o cano do "magiclick" com "araldite". Lixe a ponta da peça 7 de modo a facilitar o corte da batata quando esta for pressionada contra a boca do canhão. Espere a cola secar e pronto!

Para atirar, insira a batata com um cabo de vassoura até o final do tubo de saída, abra o canhão (peça 1) e coloque um pouco do desodorante apertando-o durante 1 ou 2 segundos. Aponte para um lugar **seguro** e aperte o disparador ("magiclick"). Se você fez tudo certo a batata sairá a em alta velocidade, alcançando distâncias da ordem de 100 m. Certifique-se de que não há ninguém em frente do canhão ou imediatamente atrás da tampa rosqueada na câmara de combustão (se

mal rosqueada ela poderá ser projetada para trás). Entre um tiro e outro deve-se renovar o ar no interior da câmara de combustão. Para isso basta abrir a câmara e assoprar no cano de saída. Se isto não for feito, o tiro costuma falhar. Também poderá falhar se houver excesso ou falta de desodorante na câmara de combustão.

Convém lembrar que a velocidade da batata é alta e portanto esta experiência deve sempre ser realizada com a supervisão do professor. Convém também verificar periodicamente as condições dos tubos. Há dois

anos, utilizamos esta experiência com sucesso.

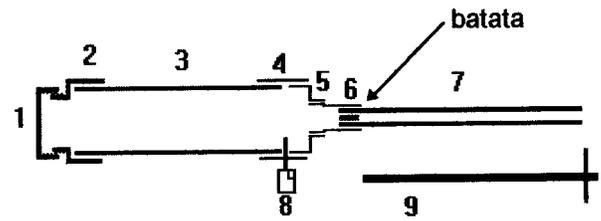


Figura 6. Esquema de montagem do canhão de batatas.