

ANÁLISE DINÂMICA DE UM PROJÉTEL LANÇADO POR UMA ATIRADEIRA DE AR COMPRIMIDO

Flávio Nunes Pereira, flaviomecn@yahoo.com
UEMA

Jhonatan Peres de Sousa, jhonatan_ps.eng@live.com
UEMA.

José Carlos Silva Rocha Junior, engjunior.josecarlos@hotmail.com
UEMA.

Daniel de Matos Luna dos Santos, dantmec@gmail.com
UEMA.

João Carlos Ferreira, ferreira.c.joao@hotmail.com
UEMA.

Renato Valdeilson Machado Ribeiro, renato_valdeilson@hotmail.com
UEMA.

UEMA, Universidade Estadual do Maranhão, Curso de Engenharia Mecânica. Av. Lourenço Vieira da Silva, s/n, Tirirical, CEP 65.055-310, São Luís – MA.

RESUMO: Este trabalho analisa o comportamento dinâmico de um projétil lançado por uma atiradeira de ar comprimido considerando a pressão de 10bar como constante e o ângulo de inclinação da atiradeira como parâmetro variável. A seleção dos materiais, a fabricação da atiradeira juntamente com os testes aconteceu no Núcleo Tecnológico de Engenharia – NUTENGE da própria universidade e possibilitou uma experiência na utilização do programa Sketchup 8.0. Os resultados obtidos durante os testes foram comparados com os valores teóricos e revelam concordância com as descrições da literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Projétil, atiradeira de ar comprimido, análise dinâmica

ABSTRACT: This paper analyzes the dynamic behavior of a projectile launched by a slingshot compressed air considering the pressure of 10bar as constant and the angle of the sling as a variable parameter. The selection of materials, the manufacture of sling along with the tests happened in the Technology Engineering Center - NUTENGE the university itself and enabled an experience using SketchUp 8.0 program. The results obtained during the tests were compared to theoretical values and descriptions indicate agreement with the literature.

KEYWORDS: Projectile sling compressed air, dynamic analysis

INTRODUÇÃO

De acordo com Halliday, (2003) – *Fundamentos de Física*, quando um projétil é lançado ao ar livre, podemos observar que seu deslocamento descreve um movimento parabólico. Esse movimento é chamado de lançamento oblíquo. Podemos representar este lançamento a partir do gráfico da Figura 1.

Considerando um projétil sendo lançado a partir do solo, formando um ângulo θ com a horizontal, com velocidade inicial V_0 e desprezando as forças dissipativas, o corpo fica sujeito apenas à ação da gravidade, descrevendo assim uma trajetória parabólica.

O lançamento oblíquo é um movimento bidimensional distinguido por uma posição de lançamento (X_0 , Y_0), um ângulo de arremesso θ com a horizontal e uma velocidade de lançamento V_0 . A trajetória é parabólica

e o movimento no comando horizontal (direção x) é retilíneo e uniforme (MRU) no movimento do comando vertical. A Fig. 1. mostra que o movimento vertical, a aceleração da gravidade terá sinal negativo e será encontrada por $V_{oy}=V_0.\text{sen}\theta$. O vetor V_{ox} será encontrado através de $V_{ox}=V_0.\text{cos}\theta$, como nesse caso não há resistência do ar a velocidade horizontal se manterá constante durante toda a trajetória.

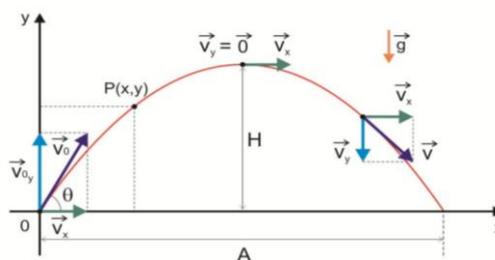


Figura 1. Lançamento oblíquo de um projétil

De acordo com os dados que serão obtidos através dos testes, poderemos fazer uma relação entre a distância alcançada pelo projétil, bem como seu alcance máxima e o tempo de queda, nos tornando assim, capazes de tornar muito mais precisos os resultados de nossos tiros.

A ciência que se preocupa em estudar os movimentos de corpos lançados ao ar livre que geralmente está relacionado ao disparo de projéteis por uma arma de fogo chama-se Balística. Ao se estudar o projétil disparado por uma arma de fogo, pode-se separar seu movimento em três partes distintas: a balística interior, balística exterior e a balística terminal.

O objetivo principal deste trabalho é estudar o movimento de corpos disparados ao ar livre. Através dos testes feitos no mundo real, visamos o aperfeiçoamento dos dados recolhidos para posterior desenvolvimento de um programa que capaz de simular estes movimentos, sendo assim uma ferramenta de incentivo para o aprendizado da Física e Matemática dos alunos de escolas técnicas da Cidade de São Luís no Estado do Maranhão.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada será a coleta de dados a partir de teste realizados com a atiradeira de ar comprimido variando o ângulo de inclinação.

Tabela 1. Materiais utilizados para elaboração da atiradeira

Quant.	Materiais
1	Veda Rosca
1	Bico conector metálico macho - Mangueira (3/8")
1	Tampa com rosca
1	Luva Lisa Roscada (50 mm)
1	Tube PVC AMANCO® - 50 mm (200 mm de comprimento)
1	Luva lisa (50 mm)
1	Redução 50/20 mm
1	Extensão de tubo PVC 20 mm (40 mm de comprimento)
2	Luva Lisa Roscável (20 x 1/2")
1	Registro de Metal (1/2")
1	Tubo PVC - 20 mm (150mm de comprimento)
1	Caíbo (650mm x 70mm x 40mm)
1	Abraçadeiras 2"
1	1 barra chata 352 mm (5mm de espessura)
1	Peca de madeira (670mm x 285mm x 25mm)
1	Dobradiça
1	Parafuso 3/8" (fixador)
1	Peca de madeira - Guia (200mm x 25mm x 40mm)
1	Bomba de Oficina com medidor de pressão.

Na Fig. 2, temos o desenho da atiradeira que foi realizado no programa Sketchup 8.0 e a montagem dos componentes descritos na Tab. 1.

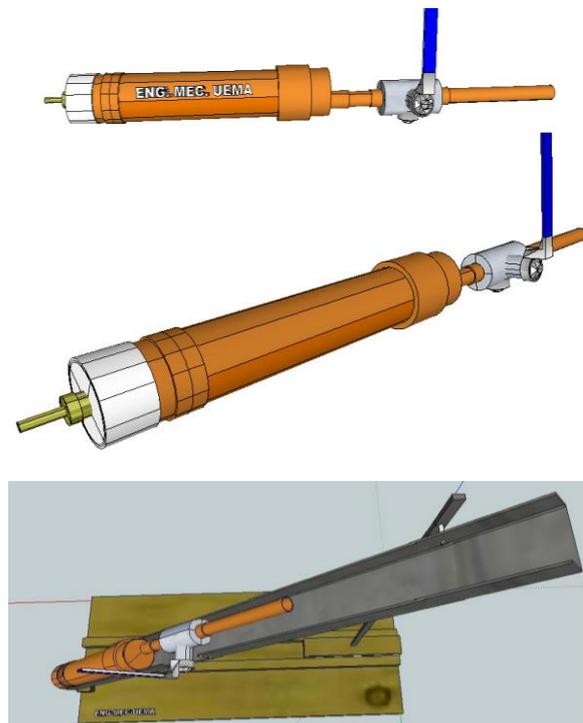


Figura 2. Montagem dos componentes da atiradeira feita Sketchup.

Todas as conexões foram fixadas com o uso de cola POLYTUBES®, excelente para tubulações de cano PVC.

A pressão escolhida para o trabalho não oferece risco de acidente nos testes, pois foi levada em consideração a pressão máxima suportada pelo tubo pvc rígido da AMANCO®.

O projétil disparado nos testes possui 18mm de diâmetro e 45mm de comprimento e se encaixa perfeitamente no cano de saída da atiradeira. O material é plástico pesando 0,0042kg. Na Fig. 3 temos projétil ilustrado.



Figura 3. Projétil lançado pela atiradeira

Procedimento experimental

Primeiramente foi fixada a bomba com medidor de pressão na atiradeira num local sem inclinação no

NUTENGE. A partir daí foram feitos os bombeamentos de maneira que a pressão de trabalho fosse atingida, 10bar. A distância alcançada foi obtida variando somente o ângulo de inclinação da atiradeira. Foram realizados 4 testes com os ângulos de 45°, 35°, 25° e 15° respectivamente.

Para cada teste era necessário bombear novamente afim de que a pressão de 10bar fosse atingida.

Vale ressaltar que o registro de metal deve ser aberto o mais rápido possível a fim de evitar a perda de ar comprimido comparado com a abertura do mesmo lentamente.

Para cada teste, os resultados como tempo de queda e alcance máximo foram registrados pelos componentes da equipe.

Equações governantes

Podemos modelar o nosso sistema através das equações da Física. Em intervalos de tempos iguais o projétil percorre distâncias iguais devido ao movimento uniforme. Devido a uniformidade do movimento horizontal, todo e qualquer deslocamento será calculado por:

$$\Delta S = V_o \cdot \cos\theta \cdot \Delta t \quad (1)$$

No entanto, o movimento oblíquo possui suas particularidades, através de conhecimentos às equações na vertical é possível deduzir fórmulas especiais como, as equações que nos permite conhecer: a altura máxima alcançada pelo projétil, o tempo de duração do lançamento e o alcance.

$$\begin{aligned} V_y^2 &= (V_o \sin\theta)^2 - 2gh \\ 2gh &= (V_o \sin\theta)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Como no lançamento vertical, o tempo de subida será exatamente igual ao tempo de descida, para acharmos o tempo total de lançamento basta multiplicar duas vezes o tempo de subida.

$$\begin{aligned} V_y &= V_o \sin\theta - gt \\ 0 &= V_o \sin\theta - gt \\ T_{sub} &= V_o \sin\theta / g \\ T_{total} &= 2V_o \sin\theta / g \end{aligned} \quad (3)$$

O alcance é distância que o projétil atinge na horizontal e a altura máxima atingida depende dos elementos V_x , V_y e da velocidade de lançamento. Enquanto o valor de V_x acrescenta, o valor de V_y diminui o que faz com que diminua consequentemente o tempo do projétil no espaço. O alcance depende de ambos os componentes e é máximo para ângulo de arremesso igual a 45°. Como o alcance é uma distancia horizontal, ele deve ser calculado por:

$$\begin{aligned} \Delta S &= V_o \cdot \cos\theta \cdot \Delta t, \text{ com} \\ \Delta t_{total} &= 2 \cdot 2V_o \sin\theta / g \\ A &= V_o \cdot \cos\theta \cdot 2 \cdot (2V_o \sin\theta / g) \end{aligned}$$

$$A = V_o^2 \cdot \sin 2\theta / g \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos podemos constatar experimentalmente que com a diminuição do ângulo de inclinação temos um aumento na distância alcançada pelo projétil de acordo com a Tabela 2. Vale ressaltar a importância da geometria bem definida do projétil, o que facilita sua aerodinâmica e minimizar o máximo possível o efeito da resistência do ar.

Tabela 2. Resultados obtidos

Ângulo	Pressão (bar)	Distância alcançada (m)	Tempo de queda (s)
45°	10	18	2,3
35°	10	20	2,7
25°	10	23,5	3,1
15°	10	25	3,5

Praticamente todo a pressão armazenada no interior da arma age na secção transversal do projétil, isso levando em consideração a pequena perda de ar comprimido referente a folga necessária para o deslocamento do projétil.

De forma genérica, o perfil do movimento do projétil pode ser representado pela Figura 4.

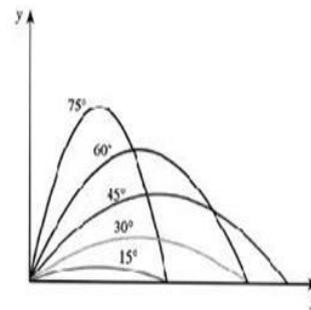


Figura 4. Perfil do movimento do projétil

O gráfico da Fig. 5 representa um tratamento estatístico englobando todas as variáveis dos testes. De acordo com este gráfico percebemos que o tempo de queda aumenta com a diminuição do ângulo de inclinação da atiradeira, ressaltando que não foi levado em consideração o efeito da resistência do ar.

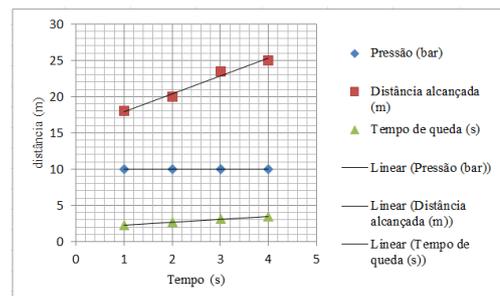


Figura 5. Gráfico relacionando todas as variáveis dos testes

CONCLUSÃO

- O perfil da trajetória percorrida pelo projétil, a distância, o alcance máximo e a variação destas em virtude da variação do ângulo de inclinação;
- A possibilidade de um estudo mais precisa a partir da decomposição vetorial da velocidade e a relação com trigonometria para solução de problema; e
- A relação das trajetórias descritas pelo projétil com parábolas de funções do segundo grau.

REFERÊNCIAS

Halliday, David; Resnick, Robert; Krane, Kenneth S.; Física 1; 5ª edição, LTC 2003, Rio de Janeiro.

Sears, Francis Westom, Et Al. Física 1: mecânica e corpos rígidos. Rio de Janeiro, RJ. Editora LTC, 2008.

Lançamento obliquo. Disponível em <http://www.colegioweb.com.br/fisica/lançamento-obliquo>. Acessado em: 08/06/2014, as 22:00.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores descritos no início deste artigo são os únicos responsáveis pelas informações aqui contidas.