

Otaviano de Almeida Júnior

Especialista em Educação Matemática pela Universidade Nove de Julho

Um estudo sobre o movimento dos projéteis balísticos e sua trajetória

(dissertação)

São Paulo
2017

Blucher

Um estudo sobre o movimento dos projéteis balísticos e sua trajetória

© 2017 Otaviano de Almeida Júnior

Editora Edgard Blücher Ltda.

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

FICHA CATALOGRÁFICA

Almeida Júnior, Otaviano de

Um estudo sobre o movimento dos projéteis
balísticos e sua trajetória [livro eletrônico] / Otaviano
de Almeida Júnior. – São Paulo : Blucher, 2017.
70 p.; PDF; il. color

Bibliografia

ISBN 978-85-8039-257-9 (e-book)

ISBN 978-85-8039-256-2 (impresso)

1. Balística 2. Balística externa 3. Física 4. Projéteis I.

Título

17-0798

CDD 623.5

Índices para catálogo sistemático:

1. Balística

Dedicatória

À memória dos grandes filósofos da Antiguidade: Pitágoras e Aristóteles.

À memória dos grandes matemáticos: Galileu, Descartes, Huygens, Newton, Gauss e Riemann.

Agradecimentos

A Jonas Eliakim, Bonie Santos e Marilia Koepl, da Editora Blucher, profissionais competentes, atenciosos e dedicados ao seu labor, os quais contribuíram de forma profícua para que se concretizasse a nossa pretensão de publicar esta dissertação, resultado de anos de estudo e pesquisa.

Apresentação

Iniciamos o estudo sobre o movimento dos projéteis balísticos através de notas de aula do Curso de Matemática I, II e III da Faculdade de Administração da Universidade Cidade São Paulo (1988). Já naquela época pretendíamos equacionar os elementos que determinam a trajetória dos projéteis balísticos, por entender que o tema é importante, como bibliografia complementar, para estudantes universitários dos diversos cursos de Matemática, Física, Engenharia e outras ciências exatas afins, atiradores esportivos, peritos balísticos e pesquisadores que queiram se aprofundar no assunto.

O contexto está inserido na Matemática Aplicada e na Física, quer sob o ponto de vista da Mecânica Clássica (Leis do Movimento), quer no estudo da Balística Externa, ou mesmo nas aplicações práticas da Perícia Técnica.

No capítulo 1, apresentamos a fundamentação teórica do estudo da Balística Externa: conceituação; arma de fogo e sua munição; energia cinética; a evolução histórico-científica do cálculo da trajetória; a aceleração da gravidade e a atmosfera terrestre; Leis da Dinâmica; e os elementos da trajetória.

Trataremos separadamente a influência da resistência do ar no movimento do projétil na atmosfera e consideraremos, no capítulo 2, o movimento como se ocorresse no vácuo.

As fórmulas do movimento no vácuo não são aplicáveis ao movimento real na atmosfera, visto que a resistência do ar tem influência relevante; porém, podem dar aproximações para velocidades não muito grandes e ainda servem para determinar algumas características fundamentais da trajetória. Assim, o estudo do movimento teórico no vácuo é o ponto de partida para a determinação da trajetória dos projéteis na atmosfera.

No capítulo 3, tratamos da balística experimental que estuda os métodos de mensuração das quantidades e das constantes numéricas que entram nos cálculos

balísticos teóricos; e nos ocupamos da determinação experimental das velocidades iniciais e dos alcances dos projéteis balísticos lançados na atmosfera terrestre padrão.

No capítulo 4, apresentamos, através de uma modelagem matemática, uma fórmula geral que equaciona os principais elementos da trajetória dos projéteis balísticos, lançados nas imediações da superfície da Terra (atmosfera padrão), levando-se em consideração as forças que determinam o seu movimento; quais sejam: o impulso que imprime a velocidade inicial, a força da gravidade terrestre e a força da resistência do ar.

O traçado da trajetória na atmosfera se reveste de complexidade devido à influência de fatores relevantes a se considerar. Como nosso estudo é teórico, iniciamos a pesquisa reunindo conhecimentos consolidados ao longo da História e buscamos, através de simplificações, a construção de um modelo matemático, cuja resolução do problema envolve o processo de cálculo numérico computacional, o qual, contudo, nos conduzirá a resultados aproximativos decorrentes de sucessivas operações aritméticas elementares (adição, subtração, multiplicação e divisão) e ainda pelo fato de utilizarmos algoritmos também aproximados. Entretanto, no presente estudo, fazemos abordagens de tópicos não só de Aritmética, mas também de Álgebra, Trigonometria, Geometria Analítica, Funções Exponenciais e Logarítmicas, além de Cálculo Diferencial e Integral.

O objeto de demonstração de nosso estudo é o projétil ogival encamisado, calibre .45 ACP (11,43 milímetros de diâmetro e massa de 14,9 gramas), fabricado pela Companhia Brasileira de Cartuchos (Informativo Técnico CBC, 2005), coeficiente balístico $BC = 0,138$ (Chuck Hawks, 2014) e disparado pela pistola Colt M1911, comprimento do cano 5” (Mathias, 1997), cujo alcance máximo é de 1521 metros (obtido numericamente), para uma velocidade inicial de $253 \frac{m}{seg}$ e ângulo de lançamento de 30° .

São Paulo, 02 de junho de 2017.

O autor

Conteúdo

Capítulo 1 – Fundamentação teórica	11
Capítulo 2 – Análise do movimento dos projéteis no vácuo.....	23
Capítulo 3 – Balística experimental	33
Capítulo 4 – Cálculo dos elementos da trajetória na atmosfera	41
Referências	65
Sobre o autor.....	67
Apêndice A: planilhas de cálculo do Microsoft Office Excel	69

