

Niccolò Tartaglia e a trajetória dos projéteis

Alessandro Menegat

Fumikazu Saito

Resumo

Este trabalho tem por objetivo tratar alguns aspectos das diferentes argumentações de Niccolò Tartaglia (1500-1556) sobre as trajetórias dos projéteis. Em Nova Scientia (1537) as trajetórias seriam compostas por duas retas e um arco de circunferência. Já em Quesiti et Inventioni Diverse (1546) elas são apresentadas completamente curvas. Esses dois enfoques diferentes sugeriram a alguns estudiosos que Tartaglia teria mudado de ideia, abandonando, de certa maneira, antigas convicções. Desse modo, baseado em documentos originais, este trabalho buscou retomar os argumentos de Tartaglia de modo a esclarecer os motivos que o teriam levado a formular enfoques diferentes nas obras supracitadas. Dentre outros fatores, apresentamos indícios de que Tartaglia passou a contar, por volta de 1540, com fontes documentais anteriormente desconhecidas e que pouco circulavam até então. Tendo isso em vista, nosso trabalho apresenta a tensão entre o conhecimento prático e teórico, com a finalidade de contextualizar as obras do autor.

Palavras-chave: Niccolò Tartaglia; Século XVI; Trajetória dos projéteis.

Abstract

This work aims to address some aspects of Niccolò Tartaglia's (1500-1556) different arguments on the trajectories of projectiles. On one hand, at Nova Scientia (1537), the author explained that the trajectories were composed by two straight lines and a circular arc; on the other, at Quesiti et Inventioni Diverse (1546), the same were presented only as curves. Those different approaches led some scholars to suggest that Tartaglia changed his mind, somehow relinquishing his older beliefs. Thus being, based on original documents, we sought to trace Tartaglia's arguments back to elucidate the possible reasons that might have led him to formulate different views in the aforementioned works. Among other factors, we present evidences demonstrating that by 1540 Tartaglia had access to previously unknown documental sources, which had had little circulation until that time. As a result, the present study shows the strain between the practical and theoretical knowledge in order to better understand the works of the author.

Keywords: Niccolò Tartaglia; 16th century; Trajectory of projectiles.

INTRODUÇÃO

Niccolò Tartaglia (1499 ou 1500-1557) é uma personagem amplamente conhecida pelos historiadores por suas contribuições feitas às matemáticas e à filosofia natural no século XVI.¹ O autor é, por vezes, lembrado pela controvérsia com Girolamo Cardano (1501-1576) sobre a solução das equações de terceiro grau. Ainda em relação às matemáticas, destacam-se outros estudos, tais como sobre aritmética e análise combinatória. Não de menor relevância foram seu comentário e tradução

Trabalho apresentado na modalidade comunicação oral da V Jornada de História da Ciência e Ensino: Propostas, Tendências e Construção de Interfaces, realizada entre 30 de julho e 01 de agosto de 2015, São Paulo, SP, Brasil. (CAPES)

¹ Basicamente, as informações sobre suas obras, bem como estudos biográficos, podem ser consultados em: Arnaldo Masotti, *Studi su Niccolò Tartaglia* (Bréscia: Ateneo di Brescia, 1962); Arnaldo Masotti, "Niccolò Tartaglia", in *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, org. Charles C. Gillispie (New York: Charles Scribner's son, 1981), 258-62.

para o vernáculo de *Elementos* de Euclides e suas edições de obras clássicas, entre as quais algumas de Arquimedes (c. 287 a.C.-212 a.C.) e de Jordanus de Nemore (fl. c. 1220).²

No que se refere aos estudos em filosofia natural destacam-se *Nova Scientia Inventa da Nicolo Tartalea*, cujas edições em vida do autor datam de 1537 e 1550, e *Quesiti et Inventioni Diverse de Nicolo Tartalea Brisciano*, publicado pela primeira vez em 1546 e revisto no ano de 1554.³ Nessas obras, Tartaglia abordou um amplo leque de assuntos. Em *Quesiti*, investigou não só assuntos ligados à álgebra e geometria, mas também outros tópicos relacionados à artilharia, infantaria, topografia, balística e estática. Do mesmo modo, em *Nova Scientia*, tratou de temas ligados à artilharia, com foco principal, porém, no lançamento de projéteis, dando-lhe um tratamento geométrico.⁴

Foi nessas obras que Tartaglia estudou a trajetória dos projéteis, atribuindo-lhe, entretanto, duas diferentes formas.⁵ Em 1537, a trajetória foi descrita conforme as noções apresentadas por autoridades amplamente reconhecidas na época de Tartaglia. A trajetória seria composta por três partes, duas retilíneas (AE e FG) e uma curva (EF), como ilustra a figura 1. Por sua vez, ao retomar, nove anos depois, às mesmas questões relacionadas ao lançamento de projéteis, Tartaglia apresentou a trajetória com mudanças significativas em seu formato: diferentemente daquela descrita em *Nova Scientia*, a trajetória discutida em *Quesiti* apresenta uma forma totalmente curva, conforme ilustra a figura 2.

Podemos dizer que a trajetória descrita em *Quesiti* parece deixar de lado as considerações admitidas nove anos antes, visto que, neste caso, nenhuma parte da trajetória é retilínea. Tendo isso em vista, neste trabalho, procuramos discorrer sobre as duas diferentes maneiras utilizadas por Tartaglia para abordar o movimento dos projéteis nessas duas obras, apontando para algumas razões que teriam motivado o estudioso a modificar sua interpretação sobre a trajetória.

² Carl B. Boyer, *A History of Mathematics*, 2ª ed. (New York: John Wiley & Sons Inc., 1968), 316-8 e 335; Howard Eves, *Introdução à História da Matemática*, trad. Ignyo Domingues (Campinas: Editora da Unicamp, 2007), 302-3 e 307-8.

³ Utilizamos as edições originais do website da *Bibliothèque nationale de France*, <http://gallica.bnf.fr/>. Essas e as outras obras de Tartaglia estão disponíveis também no website *Mathematica Italiana*, <http://matematica.sns.it/>, incluindo as diferentes edições. Niccolò Tartaglia, *La Nova Scientia de Nicolo Tartaglia con una Gionta al Terzo Libro*, 2ª ed. (Veneza: Nicolo de Bascarini, 1550), daqui para adiante indicada como *Nova Scientia*; Niccolò Tartaglia, *Quesiti et Inventioni Diverse de Nicolo Tartaglia di Novo Restampati con una Gionta al Sesto Libro*, 2ª ed. (Veneza: Nicolo de Bascarini, 1554), daqui para adiante indicada como *Quesiti*, a qual recebeu alterações significativas apenas no Livro III, como sugere o título da obra. Observa Cuomo, ao tratar de *Nova Scientia*, que na edição de 1550 Tartaglia fez acréscimos significativos apenas no Livro III, além de eliminar certos latinismos e títulos honoríficos atribuídos a Francesco dalla Rovere; cf. Serafina Cuomo, "Shooting by the Book: Notes on Niccolò Tartaglia's *Nova Scientia*," *History of Science* 35 (1997):155 e 179, nota 2. Ekholm é da mesma opinião; cf. Karin J. Ekholm, "Tartaglia's *Ragioni*: a *Maestro d'Abaco's* Mixed Approach to the Bombardier's Problem," *The British Journal for the History of Science* 43 (2010): 193, nota 44. Devido a essas pequenas alterações e pela maior facilidade de consulta, optamos por citar as duas obras de acordo com as segundas edições.

⁴ Além dessas obras, outra, intitulada *Ragionamenti de Nicolo Tartaglia sopra la sua Travagliata Inventione*, de 1551, também merece destaque. Nela, Tartaglia, além de se dedicar a diversos temas, propôs uma forma de içar navios do fundo do mar e discorreu sobre trajés de mergulho, previsão do tempo e pesos específicos. Sobre o caráter prático dessa obra quando comparada à proposta de içamento de Cardano, cf. Virginia I. Echeverría, "Hydrostatics on the Fray: Tartaglia, Cardano and the Recovering of Sunken Ships," *The British Journal for the History of Science* 44 (2011): 484-8. Para um estudo mais detalhado que abrange a *Travagliata*, cf. Alex Keller, "Archimedean Hydrostatic Theorems and Salvage Operations in 16th-Century Venice," *Technology and Culture* 12, nº 4 (out. 1971): 602-617.

⁵ Sobre algumas das trajetórias na segunda metade do século XVI, cf., por exemplo, Domenico B. Meli, *Thinking with Objects: The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2006), 57-8; Jochen Bütnner et al., "The Challenging Images of Artillery: Practical Knowledge at the Roots of the Scientific Revolution," in *The Power of Images in Early Modern Science*, ed. Wolfgang Lefèvre, Jürgen Renn & Urs Schoepflin, 3-27 (Berlin: Birkhäuser Verlag, 2003).

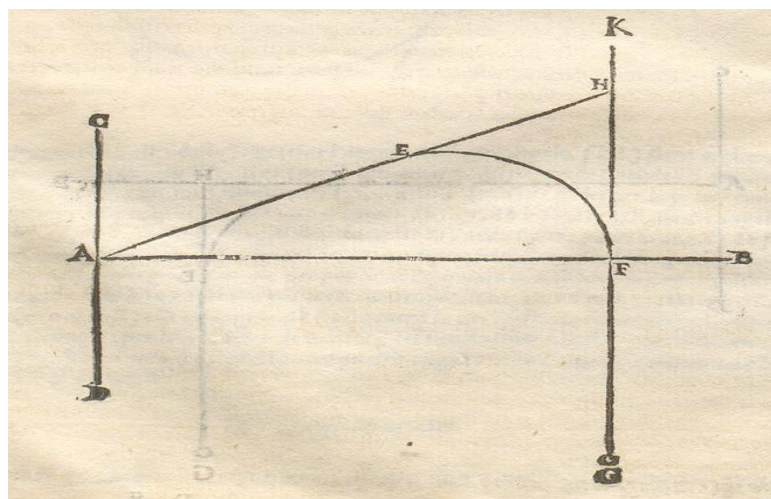


Figura 1: Trajetória descrita no Livro II de *Nova Scientia*⁶.

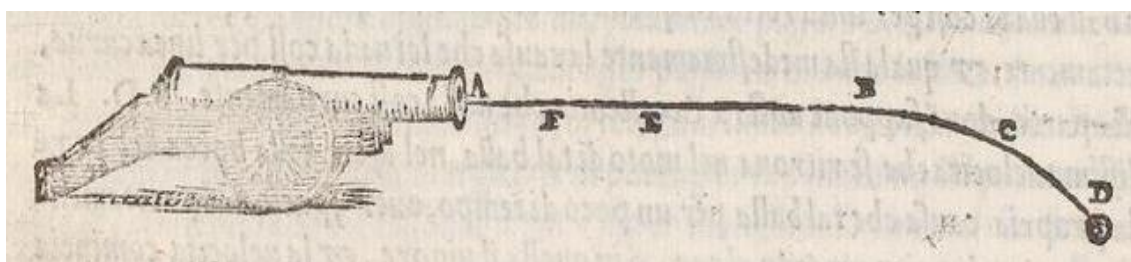


Figura 2: A trajetória apresentada em *Quesiti*⁷.

A TRAJETÓRIA DOS PROJÉTEIS EM *NOVA SCIENTIA*

Tartaglia foi um dos muitos mecânicos, ou seja, homens dedicados ao conhecimento prático, que contribuíram para o desenvolvimento de novas concepções que ajudaram a impulsionar a ciência moderna. Ele não estudou nem lecionou em universidades, mas foi, durante muitos anos, *maestro d'abaco*. Na verdade, devido às dificuldades financeiras, sequer recebeu ensino formal, e seus conhecimentos iniciais de matemática foram adquiridos por conta própria, ainda na juventude.⁸

Por ser um homem “da prática”, seria tentador concluir que o formato totalmente curvo da trajetória foi decorrente de uma série de estudos práticos ou experimentais realizados ao longo dos nove anos entre a publicação de *Nova Scientia* e *Quesiti*. Entretanto, um estudo mais contextualizado tem apresentado indícios de que a ideia de uma trajetória totalmente curva esteve relacionada às

⁶ Tartaglia, *La Nova Scientia*, II, 14v.

⁷ Tartaglia, *Quesiti*, 11v.

⁸ Cf. Masotti, “Niccolò Tartaglia,” 260. As matemáticas ensinadas nas escolas de ábaco, de cunho eminentemente prático, visavam a instrução de filhos de artesãos, de comerciantes, entre outros; cf. Paul F. Gandler, *Schooling in Renaissance Italy: Literacy and Learning, 1300-1600* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989), 307-8. Estudos mais recentes, além dos já citados de Ekholm e Echeverría, têm chamado a atenção para esse tema na obra de Tartaglia; cf. Mary J. Henninger-Voss, “How the ‘New Science’ of Cannons Shook the Aristotelian Cosmos,” *Journal for the History of the Ideas* 63 (2002); Serafina Cuomo, “Niccolò Tartaglia, Mathematics, Ballistics, and the Power of Possession of Knowledge,” *Endeavour* 22 (1998); Serafina Cuomo, “Shooting by the Book: Notes on Niccolò Tartaglia’s *Nova Scientia*,” *History of Science* 35 (1997).

novas fontes consultadas por Tartaglia por volta de 1543.⁹ Assim, além das considerações de ordem prática, outra teórica, que se tornara disponível aos estudiosos das matemáticas daquela época, possivelmente teria feito com que ele reinterpretasse a trajetória dos projéteis. Inicialmente, contudo, abordaremos a obra de 1537, *Nova Scientia*.

O tratado foi dedicado a Francesco Maria dalla Rovere (1490-1538), duque de Urbino e capitão do exército de Veneza, provavelmente porque os assuntos abordados no tratado eram de interesse de príncipes e governantes. A obra, contudo, atraiu a atenção de diferentes estudiosos, como podemos concluir pelas referências ao autor e pelo número de reimpressões.¹⁰

No que diz respeito ao conteúdo, *Nova Scientia* foi originalmente planejada para conter cinco livros. Entretanto, o projeto inicial sofreu alterações, visto que apenas três deles foram concretizados. Os dois primeiros tratam dos movimentos dos projéteis e suas trajetórias, e o terceiro apresenta instrumentos para auxiliar na medição do ângulo de inclinação em que os disparos dos canhões são realizados.

Uma primeira análise da obra traz indícios de que a motivação de investigar a trajetória dos projéteis não partiu de considerações de ordem teórica, mas práticas. Com efeito, na *Epistola*, a dedicatória ao *Signor* dalla Rovere, Tartaglia relatou que o problema foi formulado por um artilheiro:

No ano de 1531, quando eu morava em Verona, Ilustríssimo Senhor Duque, um íntimo e cordial amigo, artilheiro experiente do *Castel Vecchio*, perguntou-me qual o modo de obter-se o maior alcance com o disparo de um canhão. Ainda que nessa arte eu não tivesse nenhuma prática, porque, em verdade, Senhor Duque, jamais havia disparado um canhão, arcabuz, morteiro ou mosquete, querendo servir a meu amigo, prometi dar-lhe em pouco tempo uma resposta definitiva.¹¹

Cabe observar que não estava claro, na época, qual seria o melhor ângulo do canhão a fim de atingir-se o maior alcance do projétil no disparo. Estudos realizados por artilheiros e outros estudiosos dedicados à mecânica não tinham chegado a uma conclusão definitiva. Para resolver essa questão, Tartaglia procurou articular não só seus conhecimentos geométricos, mas também práticos, fornecendo argumentos com base em filosofia natural e em experimentos, chamados pelo autor *isperimenti particolari*.

⁹ Cf. especialmente o terceiro capítulo de nossa dissertação: Alessandro Menegat, "Um Estudo sobre as Trajetórias dos Projéteis nas Obras de Niccolò Tartaglia" (dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015).

¹⁰ Além das edições de 1537 e 1550, as que se seguiram após a morte do autor atestam que essa obra foi influente no decorrer do século XVI: reimpressões foram feitas em 1551, 1558, 1562, 1583, além de uma reimpressão em conjunto com outras obras, no início do XVII; cf. Cuomo, "Shooting by the Book," 155.

¹¹ Tartaglia, *La Nova Scientia*, Epistola.

Tais experimentos consistiam basicamente em realizar uma série de disparos com o canhão, com a posterior medição da inclinação e do alcance dos projéteis. Essas medidas eram depois relacionadas para verificar qual seria o melhor resultado.¹²

É preciso notar também que, embora Tartaglia tenha recorrido a uma abordagem que hoje chamaríamos quantitativa, os resultados obtidos por meio dela não foram considerados por Tartaglia ao esboçar a trajetória do projétil.¹³ De fato, esses dados foram por ele utilizados apenas para inferir que o melhor ângulo de disparo, para obter o maior alcance, correspondia à metade de um reto. Isso significa que a forma da trajetória e sua explicação não foram decorrentes de um procedimento em que aproximava a quantificação e os novos métodos geométricos de mensuração.

Com efeito, a fim de explicar o formato da trajetória, Tartaglia, em *Nova Scientia*, recorreu às tradicionais concepções de movimento, essencialmente de índole aristotélica, que distinguia o movimento em natural e violento.¹⁴ Isso é notório na figura 1, em que o trecho AF representa o movimento violento, e FG, o natural. Mas a essas considerações de caráter aristotélico, Tartaglia procurou associar outras de ordem geométrica para poder descrevê-las. Considerando a descrição da trajetória e sua explicação em *Nova Scientia*, notamos que Tartaglia considerava que a primeira e a última partes da trajetória (AE e FG) eram retilíneas, e o trecho EF, circular (figura 1). No que diz respeito ao trecho EF, Tartaglia o considerou violento e negou que pudesse ser uma combinação de natural e violento, isto é, misto, opinião esta que era compartilhada por muitos aristotélicos.¹⁵

Dos três trechos da trajetória, FG foi tomada por Tartaglia como paralela à linha CD, ainda que, de fato, ambas se encontrassem, porque os corpos graves, segundo os aristotélicos, tendiam naturalmente ao centro do universo. Ao comentar a segunda suposição do tratado, ele observou que: "(...) apesar disso, por ser um erro imperceptível (*insensibile*) em um pequeno espaço, [as trajetórias] serão consideradas equidistantes entre si e também à perpendicular ao horizonte [CAD]"¹⁶.

Convém observar que essa suposição, importante para Tartaglia poder geometrizar a trajetória, não lhe suscitava grandes problemas, uma vez que seus contemporâneos podiam encontrá-la nos trabalhos de Arquimedes e de Jordanus de Nemore.¹⁷ Problema maior tinha o autor, contudo, para

¹² Cf. *Ibid.*

¹³ Apenas um dos resultados obtidos pelos *isperimenti particolari* foi utilizado na última proposição da obra, mas para a parte da trajetória em linha reta; cf. *Ibid.*, II, Prop. IX.

¹⁴ Ao longo da obra, é nítido que o autor segue de perto as considerações de Aristóteles sobre o movimento, em especial sobre o deslocamento, movimento de lugar, estabelecendo que os corpos graves ou estão em movimento natural em direção ao centro do mundo ou em movimento violento, em qualquer outro caso; cf. Menegat, 27-9.

¹⁵ Cf. Tartaglia, *La Nova Scientia*, I, Prop. V. Como observa Ekholm, a maneira com que Tartaglia e os estudiosos medievais de Paris e Oxford utilizavam imagens difere de forma significativa: enquanto os medievais representavam magnitudes abstratas, Tartaglia procurava representar o caminho físico do projétil; cf. Ekholm, 194, nota 45.

¹⁶ Tartaglia, *La Nova Scientia*, II, Sup. 1, 10v. Ekholm, com base nessa suposição, acredita que Tartaglia conhecia algum tratado de Arquimedes já em 1537; cf. Ekholm, 182.

¹⁷ Em Arquimedes, tal suposição aparece em *Sobre o Equilíbrio dos Planos*, *Sobre a Quadratura da Parábola* e *Sobre o Método*, mas este último tratado, diversamente dos dois primeiros, viria a ser reencontrado séculos depois do Renascimento; cf. M. Clagett, "Archimedes," in *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 1, org. Charles C. Gillispie (New York: Charles Scribner's son, 1981), 223-4.

justificar a segunda suposição, enunciada da seguinte maneira: “Todo movimento violento de corpos igualmente graves que não seja pela perpendicular ao horizonte [CD] será sempre em parte reto e em parte curvo, e a parte curva será parte de uma circunferência”¹⁸.

Essa suposição não suscitava dificuldades no caso em que o disparo do canhão era feito para cima [AC] ou para baixo [AD], visto que, com inclinação de 90°, a trajetória do movimento natural pode ser completamente reta. Em todos os outros casos, entretanto, as trajetórias seriam curvas, sendo um dos possíveis casos representado pela figura 1.

Essas suposições, provavelmente, foram consideradas por Tartaglia para que o leitor aceitasse que o trecho AE poderia ser admitido como retilíneo, e a curva AE considerada arco de uma circunferência. Estando mais uma vez ciente das possíveis objeções, acrescentou:

Na verdade, nenhum percurso ou movimento violento de um corpo igualmente grave pode ter, fora da perpendicular ao horizonte [o disparo segundo inclinação de 90°], alguma parte que seja perfeitamente reta, devido à 'gravidade' (*gravita*) que se encontra em tal corpo, a qual continuamente o puxa (*lo va stimolando et tirando*) em direção ao centro do mundo. Apesar disso, vamos supor reta aquela parte que é insensivelmente curva, e aquela evidentemente curva suporemos parte de uma circunferência de círculo, pois não se afastam [daquelas linhas] de forma sensível.¹⁹

É interessante observar a aproximação feita por Tartaglia entre as duas suposições acima: em ambas, o desvio seria imperceptível (*insensibile*). Notemos também que Tartaglia não apresentou nenhuma razão para que, de um determinado momento em diante no movimento violento (AF), a curvatura se acentuasse e se aproximasse de uma circunferência.

O que podemos aqui observar é que, em *Nova Scientia*, Tartaglia foi bastante influenciado pelas ideias e noções aristotélicas sobre o movimento, bem como da geometria de *Elementos* de Euclides. Mas, como veremos a seguir, o acesso às novas ideias e a outros conhecimentos antigos o conduziria a mudar algumas de suas concepções com respeito ao formato da trajetória.

A TRAJETÓRIA DOS PROJÉTEIS EM *QUESITI*

Diferentemente de *Nova Scientia*, que tem sua estrutura muito similar àquela encontrada em *Elementos* de Euclides, isto é, dedutiva, os livros de *Quesiti* estão organizados em forma de diálogo. Assim, *Nova Scientia* apresenta uma estrutura argumentativa própria das matemáticas, uma vez que parte de definições, suposições e sentenças comuns para demonstrar as proposições, enquanto os

¹⁸ Tartaglia, *La Nova Scientia*, II, Sup.2, 10v.

¹⁹ *Ibid.*, II, 11r.

assuntos abordados em *Quesiti* parecem mais especulativos, visto que Tartaglia apresentou questões às quais responde apresentando argumentos tanto geométricos como filosóficos.

Logo no início da dedicatória, desta vez dirigida a Henrique VIII (1491-1547), Tartaglia procurou justificar a forma de diálogo da obra:

As perguntas, questões ou interrogações, Majestade Sereníssima e Ilustríssima, feitas por sábios e prudentes questionadores, fazem frequentemente o interrogado considerar muitas coisas e conhecer muitas outras, que, sem ser interrogado, jamais conheceria nem consideraria. Isto digo por mim, que nunca trabalhei nem tive predileção por disparar qualquer tipo de artilharia, de canhão, arcabuz, morteiro ou espingarda, nem pretendo fazê-lo (...) ²⁰

Os argumentos apresentados pelo autor em *Quesiti* pressupõem o conhecimento dos temas tratados em 1537. Além disso, notamos também a atitude do autor de valorizar o contato com artilheiros e estudiosos como postura constante ao longo de toda a obra, ainda que, em ambas as dedicatórias, ele tenha procurado ressaltar sua inexperiência na arte da artilharia, até o momento em que se propôs a resolver os problemas que lhe foram apresentados.

Tartaglia voltou ao tema da trajetória dos projéteis em *Quesiti* porque, segundo ele: “(...) minha pequena obra [*Nova Scientia*] despertou o interesse de diversas pessoas, na sua maior parte não de pessoas comuns, mas das de elevado engenho, o que me levou a tratar de muitas outras questões ou interrogações” ²¹.

A ordem e os conteúdos dos temas tratados nessa obra trazem fortes indícios de que nela Tartaglia procurava, além de fornecer aos artilheiros meios de desempenharem melhor sua função, transformar a artilharia numa arte liberal, tornando-a uma dentre muitas outras áreas de conhecimento, não meramente prática. Também é clara, nos *Quesiti*, a intenção de Tartaglia de aproximar os estudos dos projéteis da filosofia natural, o que explica a inserção de diferentes argumentos atinentes à filosofia natural. ²²

Em *Quesiti*, notamos que Tartaglia buscou ampliar os estudos sobre o lançamento de projéteis iniciado em *Nova Scientia*, sem deixar de enfatizar, outra vez, o formato da trajetória. ²³ Entretanto,

²⁰ Tartaglia, *Quesiti*, 4r.

²¹ Ibid.

²² Sobre o crescente número das artes liberais no período, cf., por exemplo, Joseph S. Freedman, *Philosophy and the Arts in Central Europe, 1500-1700: Teaching And Texts at School and Universities* (Vermont: Aldershot; Brookfield, 1999), 38-50.

²³ Tartaglia dedicou o Livro II ao tratamento dos diferentes materiais de que são feitos os projéteis, e o Livro III, à pólvora. Já do Livro IV ao V propôs formas de organizar o exército e ainda uma maneira de tornar inexpugnável uma cidade. No Livro VII discutiu algumas questões da *Mecânica* pseudo-aristotélica, o VIII estuda a ciência dos pesos, e o IX, problemas de geometria e aritmética, com ênfase na solução de Tartaglia para as equações do terceiro grau.

dessa vez ele apresentou e descreveu uma trajetória totalmente curva (figura 2), como mencionamos anteriormente.

Essas discussões estão basicamente contidas na *Questão III* do Livro I e parte da *Questão II*, na qual o autor introduziu e apresentou ideias e noções ligadas ao movimento para tratar da trajetória dos projéteis. Nas três primeiras questões de *Quesiti*, Tartaglia dialogou com Francesco Maria dalla Rovere, a quem o tratado *Nova Scientia* havia sido dedicado. No início de sua discussão, ele procurou justificar a ausência de algumas considerações na obra de 1537, uma vez que a curvatura se tornou o principal tema no início dos *Quesiti*:

Signor duque: Por que dissestes então [em *Nova Scientia*] 'em linha reta', não sendo [a trajetória] perfeitamente retilínea? Tartaglia: Para ser compreendido pelas pessoas comuns, porque aquela parte insensivelmente curva as pessoas dizem que é reta, e aquela evidentemente curva, que é curva.²⁴

De modo diverso ao de *Nova Scientia*, Tartaglia parece focar agora em 1546 a discussão sobre o trecho inicial da trajetória, em movimento violento.²⁵ Assim, retomando as questões já discutidas anteriormente em *Nova Scientia*, o *Signor dalla Rovere* questionou Tartaglia da seguinte maneira em *Quesiti*:

Mas em vossa argumentação [*Questão II*] me deixastes com outra dificuldade ou dúvida maior, porque, se bem vos recordais, dissestes que um projétil lançado por alguma artilharia em nenhuma parte de seu movimento se desloca em linha reta, senão quando lançado em linha reta para cima, na direção do céu.²⁶

Tartaglia fez, então, uma pequena observação: "Ou para baixo, em direção ao centro da Terra"²⁷. Contudo, prosseguiu o duque: "Mas que em nenhuma outra direção além dessas duas [o projétil] se desloque retamente, durante seu movimento, não me parece crível"²⁸.

Devido à observação feita por Tartaglia também num exemplo da *Questão II*, dalla Rovere mais uma vez concedeu que: "(...) alguma parte da trajetória [suposta] de 200 passos pode, de fato, ser encurvada, mas pelo menos 100 ou 50 têm de ser em linha reta"²⁹.

²⁴ Tartaglia, *Quesiti*, 10r.

²⁵ Segundo Henninger-Voss, isso foi resultado de uma troca de cartas ocorrida entre Cardano e Tartaglia; Henninger-Voss, 384-5.

²⁶ Tartaglia, *Quesiti*, 10v.

²⁷ Ibid.

²⁸ Ibid. 11r.

²⁹ Ibid.

Aquilo que dalla Rovere tinha em mente era sem dúvida o início da trajetória (AB na figura 2), tida como aparentemente retilínea pelo observador do disparo. Então, além de existir uma trajetória retilínea nos casos dos disparos feitos com inclinação de 90°, em todos os casos de disparo deveria haver alguma parte do movimento violento em linha reta, o que havia sido tratado em *Nova Scientia*.

Para surpresa de dalla Rovere, Tartaglia afirmou que não seria retilínea sequer por um passo, e perguntou ao duque: qual seria a "causa próxima" (*causa propinqua*) de a trajetória ser parcialmente retilínea e depois se encurvar? De acordo com o *Signor* dalla Rovere:

É a grande velocidade que se encontra no movimento do projétil, ao sair da boca do canhão, a causa de por algum tempo ou espaço deslocar-se em linha reta pelo ar; depois, faltando nele o 'vigor' (*vigore*), a velocidade começa a diminuir e o corpo começa a inclinar-se mais e mais em direção à terra, até se chocar contra ela.³⁰

Devemos aqui observar os novos termos e noções utilizados por Tartaglia, ausentes na obra de 1537. Nessa passagem ele se refere à contínua falta de "vigor" como a causa da curvatura. Além disso, convém ter em conta que, na conclusão da *Questão III*, aparece mais um argumento que, até então, não havia sido apresentado em *Nova Scientia*. Tal conclusão estava baseada na ciência dos pesos (*scientia de ponderibus*), que justificava, apenas em lançamentos com inclinação 90°, a trajetória não ser encurvada.

Para compreendermos isso, vamos examinar a figura 3, apresentada por Tartaglia. Nela, A é boca do canhão, de onde saem os corpos representados por B, com uma suposta "gravidade" indicada por C.³¹

Tartaglia não se deteve em maiores explicações por procurar ser breve, mas a conclusão parece-nos clara: em nenhum outro caso o trecho seria retilíneo, pois, segundo ele: "há alguma parte da gravidade que sempre puxa (*tira*) o projétil para fora de seu caminho"³².

Mas por que razão Tartaglia, nessa segunda obra, descartou de vez a existência de um trecho de retilíneo do movimento violento? Uma possível resposta pode ser encontrada nos novos conhecimentos acessíveis a ele após as considerações feitas em *Nova Scientia*.

³⁰ Ibid. Para Tartaglia, é indiferente relacionar velocidade com tempo ou espaço. Como também Drake observa, a aceleração seria de particular importância já para Giambattista Benedetti (1530-1590), que, aliás, aprendeu as noções de geometria com Tartaglia e tinha conhecimento de *Nova Scientia* e *Quesiti*; cf. Stillman Drake & Israel E. Drabkin, *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selection from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo & Galileo* (Madison: University of Wisconsin Press, 1969), 74-5, nota 17.

³¹ Tartaglia escreveu: "representemos a 'gravidade' na forma de um *perpendicular* C". Em *Nova Scientia*, *perpendicular* designa um fio em cuja extremidade está atado um peso de chumbo; cf. Tartaglia, *La Nova Scientia*, Epistola.

³² Ibid. Estudos sobre a ciências medievais dos pesos e do movimento podem ser encontrados, por exemplo, em Joseph E. Brown, "The Science of Weights," in *Science in the Middle Ages*, ed. David C. Lindberg, 179-205 (Chicago: The University of Chicago Press, 1978); John E. Murdoch & Edith D. Sylla, "The Science of Motion," in *Science in the Middle Ages*, ed. David C. Lindberg, 206-64 (Chicago: The University of Chicago Press, 1978); Jürgen Sarnowsky, "Concepts of Impetus and the History of Mechanics," in *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution*, ed. Walter R. Laird & Sophie Roux, 121-45 (Boston: Springer, 2008).

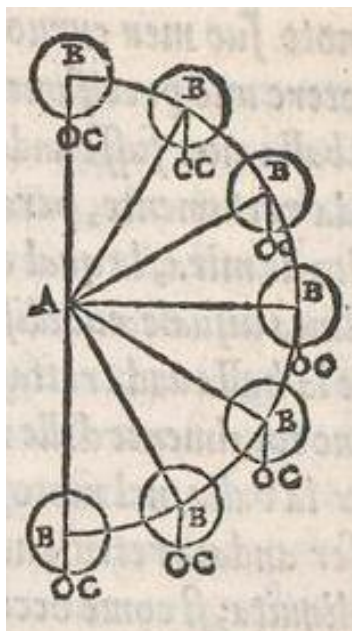


Figura 3: Ação da "gravidade" C sobre o corpo B, em *Quesiti*³³.

AS DIFERENTES ARGUMENTAÇÕES DE TARTAGLIA

Pelo que antes apresentamos, podemos dizer que, por volta de 1537, quando da elaboração de *Nova Scientia*, Tartaglia certamente conhecia *Elementos* de Euclides e *Física* de Aristóteles. Contudo, no que diz respeito aos tratados medievais e outros recém-descobertos ligados à ciência dos pesos, podemos apenas conjecturar, uma vez que aparecem de forma indireta, se é que aparecem.³⁴

Devemos considerar que, em 1543, Tartaglia publicou o tratado *Sobre o Equilíbrio dos Planos* e *Sobre os Corpos Flutuantes* de Arquimedes, na tradução de Guilherme de Moerbeke (c.1220-c.1286). Por essa mesma época, é bem provável que Tartaglia já conhecesse algum tratado de Jordanus de Nemore. Embora *Jordani opusculum de ponderositate* de Nemore tenha sido publicado apenas depois da morte de Tartaglia, há notícias de que ele o possuía em forma manuscrita.³⁵

Podemos identificar, em *Quesiti*, diversas referências a *Problemas Mecânicos*, atribuído a Aristóteles, outras a Jordanus de Nemore e a Arquimedes, por exemplo, que não estão presentes em *Nova Scientia*. Além disso, outras partes de *Quesiti*, notoriamente o Livro VIII, fazem referência a outros estudiosos da ciência dos pesos que não aparecem em *Nova Scientia*. Podemos, assim, conjecturar que as novas considerações relativas à ciência dos pesos, notadamente as ideias de Arquimedes,

³³ Tartaglia, *Quesiti*, 12v.

³⁴ Ekholm, em artigo recente, reuniu as informações a respeito e propôs algumas mudanças nas fontes a que Tartaglia teria acesso em 1537; cf. Ekholm, 193-7.

³⁵ Segundo Cuomo e Drake, é provável que Tartaglia tenha recebido as obras por meio de Diego Hurtado de Mendoza (1503-1575), embaixador em Veneza do rei espanhol Carlos V, por volta de 1539; cf. Cuomo, "Shooting by the book," 184, nota 39; Drake & Drabkin, 23.

conduziram Tartaglia a repensar o formato da trajetória, sem, entretanto, abandonar os pressupostos aristotélicos.

Assim, conhecendo mais de perto as fontes de que Tartaglia dispunha quando publicou suas obras, podemos retomar alguns trechos de sua argumentação em *Quesiti*. Vimos que a razão pela qual a trajetória é sempre curva se deve à contínua atuação da "gravidade" presente no corpo. Está aí a razão de alguns historiadores chamarem a atenção para o efeito da ciência dos pesos em *Quesiti*.³⁶

De fato, diferentemente do que apresentou em *Nova Scientia*, em que Tartaglia não se refere ao ar e sua interferência no movimento do projétil, em *Quesiti* ele passa a considerá-la não com uma, mas ao menos com duas funções diferentes. Ou seja, em *Quesiti*, ora o ar oferece resistência à passagem do projétil, ora "sustenta" o projétil mais em linha reta. Na passagem da *Questão III*, já aqui mencionada, o autor procurou explicar a razão dessa última influência do ar sobre o projétil: "(...) e [o projétil] se desloca mais em linha reta pelo ar, porque o ar tanto mais facilmente sustenta um corpo quanto mais leve este é (...)"³⁷.

Tartaglia afirmou que o ar, de alguma forma, "sustenta" o projétil numa trajetória retilínea tanto mais quanto maior for sua velocidade, ou seja, mais próximo do ponto de lançamento. Esse papel exercido pelo ar sobre o projétil parece nos remeter a *Sobre os Corpos Flutuantes*, tratado que fora editado e traduzido por Tartaglia por volta de 1543 e incluído em sua *Travagliata Inventione*, publicada em 1551. Ou seja, por volta de 1537, ano de publicação de *Nova Scientia*, Tartaglia provavelmente ainda desconhecia este tratado de Arquimedes.³⁸

No Livro I, Arquimedes trata de sólidos que são imersos em fluidos, propondo diferentes alterações no peso (tamanho por tamanho) do sólido devido à presença do fluido. Mas talvez seja mais perceptível a influência desse tratado em outra *Questão* do Livro I de *Quesiti*, na qual o autor se propôs a explicar mais um "acidente" da artilharia:

Percebi por experiência que ao lançar com uma artilharia contra uma muralha, se estiver muito próximo, o efeito não será muito grande como faria se estiver a uma distância um pouco maior. Pelas razões apresentadas em *Nova Scientia*, deveria acontecer o contrário.³⁹

³⁶ Cf., por exemplo, Henninger-Voss, 388; Drake & Drabkin, 112, nota 16, em que Drake discute as possíveis fontes da ciência dos pesos acessíveis a Tartaglia.

³⁷ Tartaglia, *Quesiti*, 11r.

³⁸ Cf. Ekholm, 193.

³⁹ Tartaglia, *Quesiti*, Questão XVIII, 23r. Esse fato contradiz a quarta sentença comum de *Nova Scientia*: em movimento violento, quanto mais próximo do início do movimento, maior o efeito causado sobre o resistente; cf. Tartaglia, *Nova Scientia*, 3v. O interlocutor de Tartaglia nessa *Questão* era certo Iacomo de Achai.

Para resolver o problema, Tartaglia afirmou primeiro, seguindo os preceitos aristotélicos, que é preciso notar que "toda coisa movida sempre move outra coisa". Assim, explica que o projétil é posto em movimento pela "rajada de vento" (*ventosita*) causada pela queima da pólvora, e ambos movem o ar que está próximo a eles.⁴⁰ O autor denominou esse "ar que assume gravidade" de "figura de ar" (*figura aerea*), e, dessa forma, tentou explicar mais esse acidente, já que, como observa Koyré, a figura de ar agiria como uma espécie de "almofada".⁴¹

O que é importante aqui considerar é o seguinte: a "figura de ar", que é mais grave do que o ar circunstante devido à sua velocidade, deixa-o para trás, e também o projétil passa através de tal figura por ser também mais grave que ela. Ou seja, nesse argumento, é possível identificar três "corpos" com pesos diferentes (no sentido de Arquimedes), decrescentes nessa ordem: o projétil, a "figura de ar" e o ar imediatamente à frente dela.

Temos, a partir dessas considerações, um novo elemento para compreender a argumentação de Tartaglia na *Questão III*. Vejamos o resumo que o próprio autor fornece: 1) quanto maior a velocidade do projétil lançado pelo ar, menor sua gravidade, e, inversamente, quanto menor a velocidade, maior a gravidade; 2) quanto maior a gravidade, maior a tendência (*stimulatione*) de o projétil se encurvar em direção à terra.

Como o corpo em movimento violento tem sua velocidade maior quanto mais próximo do ponto de lançamento, "mais leve ele se faz". Assim, o ar pode sustentá-lo em uma trajetória aparentemente em linha reta, ainda que, de fato, nem por um passo a "gravidade" do corpo deixe de agir. A partir disso, vemos que o autor procurou não só fornecer razões para a curvatura do projétil, mas também para a curva ser menos acentuada. Uma vez que a "gravidade" está relacionada tanto com a velocidade como com a posição do projétil, tal função que o ar exerce aqui parece procurar equilibrar a tendência de o projétil encurvar-se em direção à terra, o que torna possível explicar por que a trajetória mais se aproxima de uma reta no início do movimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como vimos, a argumentação de Tartaglia em *Quesiti* parece realizar um percurso inverso em relação àquele que encontramos em *Nova Scientia*, ou seja, as causas parecem tomar o primeiro plano na sua argumentação. Em 1537, Tartaglia abordou a trajetória dos projéteis de forma mais descritiva e geométrica, interpretando o movimento em natural e violento, conforme os cânones da filosofia natural aristotélica. Diferentemente, em *Quesiti*, ele se deteve em explicar, apontando para as causas do

⁴⁰ Tartaglia, *Quesiti*, 23r-v.

⁴¹ Cf. Alexandre Koyré, *Estudos de História do Pensamento Científico*, trad. Márcio Ramalho (Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982), 126.

movimento, as razões para a trajetória ter a forma totalmente curva. Procuramos mostrar que um dos fatores que certamente contribuíram para Tartaglia dar esse novo enfoque ao seu estudo foi o contato que teve com obras da antiguidade tardia que se tornaram disponíveis a ele por volta de 1543.

Notamos também que, tanto em *Nova Scientia* quanto em *Quesiti*, o estudioso esteve em contato com artilheiros, mas mantendo claramente uma posição distinta deles. Porém, não foi o contato com os artilheiros que levou Tartaglia a outras conclusões em 1546, mas o acesso a novas fontes.

Para finalizar, podemos dizer que aquilo que em *Quesiti* pode ser considerado, talvez, um passo na direção de uma trajetória parabólica, pode ao mesmo tempo, e talvez com mais razão, ser compreendido de outra maneira. Isso porque, em *Quesiti*, Tartaglia parece voltar às considerações mais antigas da filosofia natural. E, nesse sentido, a possibilidade de geometrizar a trajetória apresentada em *Nova Scientia* provavelmente ficou comprometida, devido às fontes que ele utilizou na elaboração de *Quesiti*.

Assim, esses dois momentos, em que Tartaglia se expressou de forma diferenciada sobre a forma da trajetória, é um dos ricos episódios da História da Ciência que nos faz compreender as relações entre os conhecimentos de ordem teórica e prática. Mais do que ir ao passado com formulações pré-concebidas do que venha a ser conhecimento teórico e prático, este breve estudo nos mostra que é preciso compreender o conhecimento em seu contexto de elaboração.

SOBRE OS AUTORES:

Alessandro Menegat

Mestre em História da Ciência/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Fumikazu Saito

Historiador da Ciência / PEPG em Educação Matemática/HEEMa/PUCSP / PEPG em História da Ciência/CESIMA/PUCSP

(fsaito@pucsp.br)

Artigo recebido em 13 de fevereiro de 2016
Aceito para publicação em 22 de junho de 2016