



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Arquimedes: Físico, Matemático, Inventor e Engenheiro Militar. .

Muito embora o emprego da alavanca acha-se representado nas esculturas assírias e egípcias cerca de três milênios antes de Cristo (a.C.), o seu princípio só foi entendido pelo filósofo e astrônomo grego Estratão de Lâmpsaco (340-270 a.C.), e suas leis foram demonstradas pelo filósofo, matemático e inventor grego Arquimedes de Siracusa (287-212 a.C.). Essas leis são compostas do Postulado 1: *Pesos iguais a igual distância estão em equilíbrio, e pesos iguais a distâncias desiguais não estão em equilíbrio, mas inclinam-se para o peso que está na maior distância; e das Proposições 6 e 7: Grandezas comensuráveis (6) ou incommensuráveis (7) equilibram-se quando são inversamente proporcionais às suas distâncias ao ponto de apoio.* (Arquimedes, **Great Books of the Western World**, Volume 11, Encyclopaedia Britannica, Inc. The University of Chicago, 1971.)

É oportuno registrar, conforme o físico e filósofo austríaco Ernest Mach (1838-1916) registra em seu livro, publicado em 1883, com o título **Die Mechanik in Ihrer Entwicklung Historisch-Kritisch Dargestellt (The Science of Mechanics: A Critical & Historical Account of Its Development**, The Open Court Publishing Company, 1974), as leis Arquimedianas da alavanca foram generalizadas pelo artista, inventor e cientista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519) ao demonstrar que uma dada alavanca AB (que pode rodar livremente em torno de A) se na extremidade B são aplicados dois pesos, um vertical P e um horizontal Q (este, aplicado por meio de uma polia) e se o equilíbrio dessa alavanca ocorre para uma dada posição de sua inclinação, então a relação entre P e Q depende das distâncias horizontal e vertical, entre, respectivamente, as direções de P e Q o ponto de rotação A . Essas distâncias são justamente as **alavancas potenciais**, conforme o próprio Da Vinci as denominou, ou os **braços de alavanca** de P e Q , conforme mais tarde foram chamadas.

Arquimedes foi também um grande inventor, sendo que suas duas mais conhecidas invenções foram: o chamado **parafuso de Arquimedes**, um dispositivo em forma de hélice, usado para elevar água de baixo para cima (usado até hoje ao longo do rio Nilo); e um dispositivo formado de uma associação de alavancas, roldanas e rodas dentadas usado para levantar e arremessar flechas incendiárias e pesos de até 150 kilos. Aliás, conta a lenda que Arquimedes utilizou desses artefatos para conter, por cerca de três anos, o exército de Marcus Claudius Marcelus (c.268-208 a.C.), Cônsul e general romano que sitiava Siracusa, na costa leste da Sicília, por ocasião da *segunda guerra púnica* (218-201 a.C.), entre Roma e Cartago. Registre-se que, por ocasião dessa guerra, o rei de Siracusa era Gélon, filho do rei Híeron II (falecido em torno de 216 a.C.), parente afastado de Arquimedes.

Com relação ao seu talento de Arquimedes como físico, matemático, inventor e engenheiro militar existem muitas histórias que, contudo, são bastante discutidas sobre sua veracidade, conforme se pode ver em vários livros que tratam de sua vida e obra, como por exemplo, os seguintes: Pierre Thuillier, **De Arquimedes a Einstein** (Jorge Zahar Editor, 1994), José Babini, **Arquimedes** (Espasa-Calpe Argentina, S. A., 1948), Manuel Vallvé/Adonias Filho e **A Vida de Arquimedes: O Maior dos Sábios da Antiguidade** (Ediouro, s/d), assim como em alguns sites da Internet (p.e.: Wikipédia). Dentre essas histórias, destaco algumas que se relacionam com o rei Híeron II e com o general Marcelus. Inicialmente, vejamos as histórias vividas com o rei Híeron. Os engenheiros navais desse rei construíram uma nau que, no entanto, tinham grande dificuldade em deslocá-la ao mar. Então, Híeron convocou seu parente, célebre por seus inventos envolvendo alavancas, roldanas, rodas dentadas etc, para realizar o deslocamento requerido. Assim, na frente de uma multidão de siracusanos, Arquimedes pediu ao rei Híeron que, com um leve toque, acionasse uma associação de seus inventos para deslocar a nau para o mar que banhava Siracusa.

Parece que foi por essa ocasião que Arquimedes, ao ser elogiado por seu rei sobre o seu grande feito, teria proferido a célebre frase: *Dê-me um ponto de apoio e eu levantarei o mundo*. Essa história foi descrita pelos gregos, o biógrafo e historiador Plutarco (c. 46-c.119 d.C.) e o matemático Pappus de Alexandria (f.c. 320 d.C.).

Em uma outra ocasião, Hieron chamou seu sábio parente para resolver uma outra questão. Ele queria oferecer aos Deuses uma coroa de ouro. Assim, chamou seu ourives de confiança e deu-lhe um determinado peso de ouro. Ao receber a coroa, suspeitou que o ourives havia misturado prata ao ouro que recebera. Em vista disso, solicitou de Arquimedes que confirmasse ou não a sua suspeita. Em um certo dia (certamente pensando no problema da coroa), tomando banho em sua banheira, percebeu que seu corpo parecia mais leve dentro da água do quando fora dele, e que o nível da água na banheira havia subido. Certo de que havia encontrado a solução do problema da coroa, saiu correndo nu pelas ruas de Siracusa, gritando: *Eureka! Eureka!* ("Achei! Achei!"), segundo contou o arquiteto romano Marcus Vitruvius Pollio (f.c. Século 1, a.C.). Depois, já refeito da emoção e com auxílio de seu fiel discípulo Lisandro, repetiu a experiência com a coroa e com outros materiais, e medindo os pesos respectivos da água deslocada, chegou à conclusão que o ourives havia misturado prata ao ouro recebido do rei siracusano. Aliás, por interferência de Arquimedes esse ourives não foi punido por Hieron. As experiências realizadas por Arquimedes sobre a imersão de corpos em fluidos, levou-o a formulação do hoje famoso **Princípio de Arquimedes** ou **Princípio da Flutuabilidade**: *Quando um corpo flutua em um fluido, seu peso é igual ao do fluido deslocado e, quando submerso, seu peso diminui daquela quantidade*. Esse princípio foi apresentado por Arquimedes em seu tratado intitulado **Sobre o Equilíbrio dos Corpos Flutuantes**, no qual ele examina a flutuabilidade de corpos de várias formas geométricas. É oportuno registrar que no exame dessa flutuabilidade, Arquimedes usou o *método da exaustão*, precursor do Cálculo Integral. Aliás, esse método inicialmente apresentado no tratado que ele escreveu e intitulado **O Método**, foi mais elaborado por ele nos demais tratados (geralmente comunicados a seus contemporâneos em forma de cartas) que escreveu. Além dos dois já citados, seus outros tratados são os seguintes: **Sobre a Quadratura da Parábola, Sobre a Esfera e o Cilindro, Sobre a Medida do Círculo, Sobre as Espirais, Sobre os Conóides e Esferóides, Sobre o Arenário, Sobre as Alavancas, Sobre os Centros de Gravidade e Sobre o Equilíbrio dos Planos**. Registre-se que o tratado O Método esteve perdido durante aproximadamente 1000 anos e foi surpreendentemente achado em 1906, num palimpsesto (manuscrito de pergaminho que foi raspado para receber novo texto) de Constantinopla, escrito pelas mãos de um copista do século 10 de nossa era.

Agora, vejamos algumas histórias de Arquimedes relacionadas com Marcelus. O grande médico grego Galeno de Pérgamo (129-c.199 d.C.) declarou em seu tratado intitulado **Os Temperamentos**, que *Arquimedes queimou as galeras inimigas com os pureias*. Essa afirmação, contudo, apresentou uma grande dificuldade para a interpretação dos historiadores em virtude do significado dessa palavra grega pureia. Para uns, significa material inflamável, para outros, "espelhos ardentes". Essa dificuldade aumentou quando o escritor grego Luciano de Samósata (c.125-c.181 d.C.), ainda no século 2 d.C., afirmou em seu **Hippias**, que *Arquimedes incendiou os navios romanos graças a um artifício técnico*. Os diversos relatos que se seguiram a esses, tenderam para a lenda de que "Arquimedes incendiou os navios de Marcelus com espelhos ardentes". No século 20 de nossa era, muitos pesquisadores questionaram essa lenda, mostrando a impossibilidade de Arquimedes haver usado "espelhos ardentes". Para uma boa discussão sobre esse tema, ver o livro de Thuillier referido acima.

Depois de três anos de cerco a Siracusa e resistindo as várias artimanhas preparadas por Arquimedes (além das já citadas, ele preparou fossos profundos com estacas pontiagudas e redes, cercando a grande muralha que protegia Siracusa), Marcelus conseguiu a rendição da cidade italiana em 212 a.C. Instalado na cidade, Marcelus deu ordem a um soldado romano para procurar Arquimedes e trazê-lo preso. Sobre a prisão e morte de Arquimedes, existem algumas versões. Uma delas, é a de que o soldado aproximou-se dele que estava, absortamente, desenhando figuras geométricas na areia. Ao ver o soldado aproximar-se, disse-lhe: *Noli tangere círculos meos* ("Não toque em meus desenhos"). O soldado, considerando que sua autoridade havia sido desrespeitada, trespassou-lhe o gládio, matando-o. Marcelus, ao saber desse assassinato, ficou muito entristecido e providenciou um enterro com honras. E mais, mandou erigir um monumento a Arquimedes e, em sua lápide, conforme desejo do sábio de Siracusa, mandou desenhar uma esfera inscrita em um cilindro, cujas propriedades geométricas Arquimedes havia demonstrado.

