

ARQUIMEDES: "EUREKA, EUREKA".

Jacir J. Venturi

A genialidade de Arquimedes (c.287 – 212 a.C.) como físico-matemático só é comparável à de Isaac Newton. Sua produção é completamente original e muito vasta, incluindo Geometria Plana e Sólida, Astronomia, Aritmética, Mecânica e Hidrostática.

Nasceu na ilha grega da Sicília, na cidade de Siracusa. Quando jovem, estudou em Alexandria, o templo do saber da época, com os discípulos de Euclides.

Suas invenções engenhosas, suas máquinas de caráter utilitário e bélico o fizeram memorável através dos séculos, por historiadores romanos, gregos, bizantinos e árabes.

Arquimedes, no entanto, considerava seus engenhos mecânicos como fator episódico e que, de certa forma, tiravam a dignidade da ciência pura. "Sua mentalidade não era a de um engenheiro, mas sim, a de um matemático".

Alguns de seus feitos são clássicos e conhecidos, mas merecem ser lembrados:

Por descrição de Vitruvius, conhecemos a história da coroa do rei Herão. Este havia encomendado a um ourives uma coroa de ouro puro. Uma vez pronta, o desconfiado rei Herão solicitou a Arquimedes que a analisasse e dirimisse a dúvida: era de ouro puro ou feita de uma amálgama com prata?

Quando tomava banho, Arquimedes observou que, à medida que seu corpo mergulhava na banheira, a água transbordava. Foi o *insight* para resolver o problema.

Conta o historiador Vitruvius que Arquimedes, eufórico, teria saído pelas ruas, completamente nu, gritando "Eureka, eureka", que significa "Achei, achei".

Refeito do vexame, Arquimedes comprovou que houve fraude por parte do ourives. Destarte, tomou dois recipientes cheios de água e num recipiente imergiu um bloco de ouro e noutro recipiente, um bloco de prata. Como ambos continham o mesmo peso que a coroa, comprovou a fraude, pois constatou que os blocos deslocavam quantidades diferentes de água.

Deste fato decorre o **princípio de Arquimedes**, lei básica da hidrostática: "Todo corpo mergulhado num fluido recebe um empuxo de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado."

Paradoxalmente, Arquimedes era muito negligente em termos de asseio pessoal. Lê-se em Plutarco que Arquimedes "era por vezes levado à força para banhar-se ou passar óleo no corpo. Ele costumava traçar figuras geométricas nas cinzas do fogo, e diagramas no óleo de seu corpo, estando em um estado de preocupação total e de possessão divina, no sentido mais verdadeiro, por seu amor e deleite pela ciência".

Na 2.^a Guerra Púnica, contra a poderosa raia do exército e marinha romanos, comandados pelo cônsul Marcelo, a sagacidade de Arquimedes criou aparatos devastadores, como:

- catapultas de grande alcance para lançar blocos de pedra sobre as galeras inimigas;
- gigantescos guindastes que elevavam a proa dos navios romanos, afundando-os pela popa;
- um enorme espelho que incendiava os navios hostis a distância, uma vez que refletiam os raios solares.

Plutarco conta que se instalou tamanho temor e angústia entre as tropas romanas, que qualquer corda ou pau sobre as muralhas de Siracusa era considerado uma artimanha diabólica de Arquimedes.

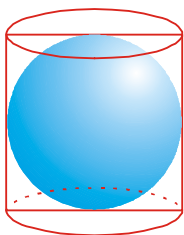
Marcelo desistiu de tomar Siracusa por assalto e infligiu-lhe um cerco de três anos. Em 212 a.C. a cidade rendeu-se.

Adentrando às muralhas de Siracusa, as hostes romanas promoveram a pilhagem, seguida de uma sangrenta matança. Um soldado aproximou-se de um encanecido senhor de 75 anos que,



indiferente à chacina, desenhava diagramas na areia e absorto balbuciou: "Não perturbes os meus círculos". O soldado enraivecido trespassou-o com a espada. Foram as derradeiras palavras de Arquimedes.

Marcelo, que havia dado ordens expressas para que se poupasse a vida de seu arquirrival, ficou muito entristecido e providenciou que lhe concedesse um enterro com honras. Mandou erigir um monumento e, satisfazendo o desejo de Arquimedes, foi gravada na lápide de seu túmulo a representação de uma esfera inscrita num cilindro circular reto cuja altura é igual ao seu diâmetro, pois ele havia descoberto e provado as relações matemáticas (notação hodierna):



$$V_{ci} = \frac{3}{2} V_{esf.}$$

$$S_{ci} = \frac{3}{2} S_{esf.}$$

Passados 137 anos, o conspícuo orador e estadista romano Cícero (106-43 a.C.) deslocou-se a Siracusa e identificou o túmulo de Arquimedes. Cícero mandou restaurar a tumba, pois encontrou em total estado de abandono, recoberta por espinheiros e roseiras silvestres. Hoje, infelizmente, não há mais qualquer referência sobre os restos mortais de um dos maiores gênios da humanidade.

Outros inventos notáveis ou estudos de Arquimedes:

– Um mecanismo feito de tubos em hélice, fixos a um eixo inclinado com uma manivela para fazê-lo girar. Tem por escopo elevar a água a um plano superior, conhecido como "parafuso de Arquimedes". É um processo rudimentar, mas que ainda é usado ao longo do rio Nilo.

– Descobriu o princípio da alavanca e cunhou o célebre aforisma: "Dê-me um ponto de apoio e levantarei o mundo".

– Conta Plutarco que Arquimedes arrastou uma das galeras do rei Herão, tão suave e uniformemente como se navegasse em pleno mar, movendo apenas com sua mão a extremidade de um engenho que consistia em um bloco com polias e cordas.

– Relata Cícero que Arquimedes construiu um empolgante mecanismo hidráulico, com esferas móveis que representavam o Sol, a Lua e os cinco planetas conhecidos, podendo-se observar as fases e os eclipses da Lua. Enfim, um pequeno planetário.

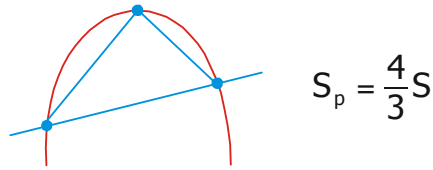
A grandeza do mestre também se manifesta na Matemática:

– No tratado *Sobre as Medidas do Círculo*, Arquimedes, em um círculo dado, inscreveu e circunscreveu um polígono de 96 lados e obteve a fórmula para o cálculo da área do círculo e, por muitos séculos, o mais acertado valor para π :

$$3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{10}{70} \quad (\text{ou } 3,1408 < \pi < 3,1428)$$

Apenas à guisa de ilustração, o símbolo π não foi usado na Antiguidade grega no sentido atual. A introdução do símbolo só aconteceu em 1706, por William Jones, um amigo de Newton. A letra π é a inicial da palavra grega *περιφέρεια* que significa circunferência. Sabemos que $\pi = 3,1415926535\dots$ é um número irracional.

– No tratado *A Quadratura da Parábola*, Arquimedes demonstra que a área contida por uma parábola (S_p) e uma reta transversal é $\frac{4}{3}$ da área do triângulo (S_Δ) com a mesma base e cujo vértice é o ponto onde a tangente à parábola é paralela à base.



Ainda neste mesmo tratado, o ilustre siracusano foi provavelmente o primeiro a saber e provar que a área da esfera é $4\pi R^2$, em notação atual.

- No livro *O Equilíbrio de Planos*, trata do centro de gravidade de figuras sólidas e planas (triângulo, trapézio, segmento de parábola, etc.).

- No tratado *Dos Conoides e Esferoides*, Arquimedes obtém a área de uma elipse ($S=\pi ab$) e descreve sólidos de revolução gerados por parábolas, elipses e hipérbolas em torno de seus eixos (quádricas de revolução).

- O tratado *Sobre Espirais* descreve a curva hoje conhecida como Espiral de Arquimedes (em coordenadas polares tem equação $\rho = k\theta$) e pela primeira vez determina a tangente a uma curva que não seja o círculo.

- De forma inédita, Arquimedes apresenta os primeiros conceitos de limites e cálculo diferencial, cerca de 19 séculos antes de Newton.

Enfim, são tantos os feitos, que Leibniz se faz apropriado. "Quem entende Arquimedes e Apolônio, admirará menos as realizações dos homens mais célebres de épocas posteriores".

PENSAMENTOS DE ARQUIMEDES:

- 1) "Aquele que tentou e não conseguiu é superior àquele que nada tentou."
- 2) "Aquele que sabe falar deve saber também quando fazê-lo."
- 3) "Dê-me um ponto de apoio e moverei o mundo."
- 4) "Brincar é condição fundamental para ser sério."

Jacir J. Venturi

Diretor de escola, professor da UFPR por 25 anos e da PUCPR por 11 anos.
Cidadão Honorário de Curitiba. Autor dos livros *Álgebra Vetorial e Geometria Analítica* (9.^a edição) e *Cônicas e Quádricas* (5.^a edição). Site: www.geometriaanalitica.com.br