

Arquimedes: matemática na poesia, nos brinquedos e no infinito

Archimedes: mathematics in poetry, puzzles and infinity

Henrique Marins de Carvalho¹  

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

RESUMO

Este artigo propõe uma leitura de três obras atribuídas a Arquimedes — Stomákhion, Problema Bovino e O Contador de Areia — a partir da estética matemática helenística descrita por Reviel Netz, verificando em que medida os textos matemáticos desse período compartilham características estilísticas com a literatura alexandrina, como a surpresa narrativa, a estrutura em mosaico e um certo tom lúdico. Por meio de análise textual e estilística das obras selecionadas, busca-se identificar marcas dessa estética, interpretando a matemática de Arquimedes como uma forma de expressão erudita, engenhosa e culturalmente situada. O estudo destaca como esses textos operam não apenas como demonstrações rigorosas, mas também como performances intelectuais que mobilizam jogos retóricos e prazeres intelectuais, contribuindo para uma compreensão mais ampla da matemática antiga como prática estética.

Palavras-chave: Arquimedes; estética alexandrina; matemática grega; ludicidade.

ABSTRACT

This article proposes a reading of three works attributed to Archimedes — Stomachion, The Cattle Problem, and The Sand Reckoner — through the lens of the Hellenistic mathematical aesthetic described by Reviel Netz in *Ludic Proof: Greek Mathematics and the Alexandrian Aesthetic*. According to Netz, the mathematical texts of this period share stylistic features with Alexandrian literature, such as narrative surprise, mosaic structure, and a certain ludic tone. Through textual and stylistic analysis of the selected works, the article aims to identify traces of this aesthetic, interpreting Archimedes' mathematics as a form of erudite, ingenious, and culturally embedded expression. The study emphasizes how these texts function not only as rigorous demonstrations but also as intellectual performances that deploy rhetorical play and cognitive pleasure, contributing to a broader understanding of ancient mathematics as an aesthetic practice.

Keywords: Archimedes; Alexandrian aesthetic; Greek mathematics; ludicity.

¹ Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus São Paulo (IFSP), São Paulo, Brasil. E-mail: hmarins@ifsp.edu.br.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Arquimedes de Siracusa é um nome que praticamente dispensa apresentações para quem estuda a História das matemáticas e ciências, especialmente aquelas desenvolvidas no intervalo temporal que se convencionou chamar de Grécia Antiga. No entanto, talvez algumas informações cronológicas e geográficas mais precisas possam auxiliar a compreender melhor sua produção matemática.

Os períodos convencionados na maior parte da literatura da área para demarcar características linguísticas, políticas e sociais da Grécia Antiga são a Era do ferro (ou era homérica), de 1000–800 A.E.C.; o período arcaico, de 800–490 A.E.C.; o período clássico, de 490–323 A.E.C.; o período helenístico (323–146 A.E.C.), e o período da Grécia romana, de 146 A.E.C.–324 E.C. Interessam, no presente estudo, o período clássico e o helenístico, com destaque para este último, já que são registradas as possíveis datas de nascimento e morte de Arquimedes em 287 A.E.C. e 212 A.E.C., respectivamente.

Sua cidade natal, Siracusa (Συράκουσαι, em grego ou *Saràusa*, em siciliano), localiza-se na costa oriental da ilha da Sicília. Distante cerca de 750 km de Atenas, desenvolveu-se, desde sua fundação, por colonizadores coríntios por volta de 730 A.E.C., chegando a tornar-se uma referência com impacto em questões econômicas, culturais e comerciais da região.

Figura 1 – Mapa, indicando a localização de Siracusa, Atenas e outras cidades.



Fonte: Regaliorum (2014).

Como uma curiosidade a respeito do nome da cidade, duas hipóteses são apresentadas: o verbete *Syracuse* no Online Etymology Dictionary diz que é “um nome rastreável até o século VIII A.E.C., de uma palavra pré-helênica, talvez a palavra fenícia *serah* que quer dizer “sentir-se doente” referindo-se à sua localização próxima a um pântano” (Harper, 2025 - tradução livre); por outro lado, o diplomata francês Victor Bérard, escrevendo no início do século XX, diz que a origem seria identificada na palavra, também de origem fenícia, *Sour-ha-Koussi*, que significa *pedra das gaivotas* (Bérard, 1903).

Seja a partir de um pântano ou de um local de pouso de gaivotas, cerca de três séculos depois, Siracusa já se apresentava como uma das cidades mais populosas da região mediterrânea, como afirmam Morris e Scheidel:

A principal rival de Atenas do século V em termos de população era Siracusa. Tucídides diz que Siracusa não era menor do que Atenas em 413 e que suas muralhas do século V cercavam 120 hectares. No entanto, já na década de 470, os assentamentos se espalharam para além das muralhas, e a população da cidade provavelmente tinha o mesmo tamanho que a de Atenas. A população do território de Siracusa provavelmente era de cerca de 250.000 habitantes em 415, uma densidade de 53-75/km² - apenas um terço ou metade da densidade da Ática, mas ainda alta para os padrões pré-industriais. [...] Os siracusanos podem ter constituído cerca de 4% de todos os gregos durante os séculos V e IV, e os gregos sicilianos, como um todo, cerca de 10% no século V e um pouco menos no século IV (Morris; Scheidel, 2009, p. 115 - tradução livre).

Esta concentração populacional foi fruto de dinâmicas sociais iniciadas no período clássico que chegaram até o início do período helenístico. No início do século V A.E.C., o poder estava nas mãos de uma aristocracia cujo poder ficou personalizado na figura de Gélon (Γέλων), tirano que promoveu uma ampla reorganização urbana e cultural, fortalecendo a cidade e ampliando sua influência, sobretudo após a vitória contra os cartagineses.

Com sua morte, o governo passou a seu irmão Hierão, cuja corte foi celebrada por poetas e intelectuais, tais como Píndaro, que a ele se refere como aquele “que detém o cetro da justiça na fecunda Sicília, colhendo os píncaros de todos os êxitos e gloria-se também na fina flor da música, com que nós, varões, folgamos amiúde em sua mesa amiga.” (Píndaro, Olímpica 1, 12-17 - tradução de Romero, 2013). Após sua sucessão, uma breve experiência democrática foi instaurada sob o comando de Trasíbulo, mas logo Siracusa voltou a enfrentar conflitos internos e guerras externas, como a invasão ateniense durante a Guerra do Peloponeso.

No século IV A.E.C., Dionísio, o Velho, ascendeu como novo tirano, consolidando um poder centralizado e militarizado, expandindo o território e fortificando a cidade, ao mesmo tempo em que cultivava uma imagem de patrono das artes. Seu governo, embora autoritário, trouxe estabilidade e crescimento.

Após sua morte, seu filho, Dionísio, o Jovem, assumiu, enfrentando forte oposição que levou a sua deposição por Dion. As disputas entre facções e a instabilidade se intensificaram até a chegada de Timoleão, de Corinto, que restaurou brevemente um regime democrático, além de ter derrotado nova ameaça cartaginense. Contudo, após sua morte, novas disputas levaram à ascensão de Agátocles, que retomou o modelo tirânico e manteve a tradição expansionista, chegando a levar a guerra ao solo africano, com vitórias temporárias.

A morte de Agátocles trouxe novamente um período de fragilidade, com os cartagineses tentando influenciar os rumos políticos da cidade. Foi nesse contexto de sucessivas instabilidades que Hierão II assumiu o poder em 275 A.E.C., iniciando um longo período de paz e prosperidade, marcando uma nova fase da cidade já no início do período helenístico. E foi justamente nessa fase, sob o governo de Hierão II, que Arquimedes viveu a grande parte de seus quase setenta anos de existência. Sua morte, narrada por Plutarco, deu-se já sob o governo de Hierônimo, neto de Hierão II, que assumiu muito jovem e teve uma permanência breve no poder, considerando o cerco dos

romanos, sob o comando do cônsul Marcus Claudius Marcellus, em 214 A.E.C., que levou Siracusa à derrota final dois anos depois.

O que e com quem Arquimedes estudou?

Repetindo uma observação feita na Introdução, Arquimedes é amplamente reconhecido como uma das maiores figuras científicas da Antiguidade, cujas contribuições à matemática influenciaram obras da Idade Média e do Renascimento europeu, chegando até os fundamentos do pensamento científico contemporâneo. No entanto, embora seu nome seja amplamente conhecido, as informações confiáveis sobre sua vida são escassas e, muitas vezes, envoltas em tradições lendárias e anedotas. A maioria dos relatos provém de fontes posteriores, como Plutarco, Cícero e Vitruvius, além de biógrafos árabes e bizantinos, o que torna a reconstrução de sua biografia um desafio histórico considerável (Dijksterhuis, 1987, p. 9).

Neste estudo, dois aspectos da biografia do siracusano — na medida do que for possível reconstruí-la, interessam sobremaneira: o que e com quem ele estudou? Essas informações podem permitir a análise, sob a ótica das teses do historiador Reviel Netz, do estilo de escrita praticado não só por Arquimedes, como por uma comunidade dedicada ao estudo das matemáticas.

Segundo a tradição mais aceita, Arquimedes foi filho de Fídias, um astrônomo com relacionamento com o governante Hierão II, o que sugere que pertencia a uma família de certo prestígio, com uma educação científica desde a infância (Netz, 2017).

Em algum momento de sua vida, Arquimedes teria estudado em Alexandria, então o centro intelectual do mundo helenístico. Lá, teria estabelecido relações com figuras como Eratóstenes de Cirene e Dositeus de Pelúcio, a quem dedicaria algumas de suas obras mais importantes. Assim, é provável que tenha se beneficiado da tradição geométrica euclidiana preservada no Museu de Alexandria (Dijksterhuis, 1987, p. 11-12).

Apesar de suas notáveis invenções mecânicas — como parafusos hidráulicos, polias e dispositivos bélicos — Arquimedes via tais realizações como subalternas em relação à matemática pura. Conforme relata Plutarco, ele não deixou escritos sobre suas engenharias, pois as considerava atividades indignas do verdadeiro filósofo (Netz, 2017). No entanto, as anedotas sobre Arquimedes acabam por revelar que, dada sua compreensão da mecânica, não podia esquivar-se de descrever os fenômenos físicos que observava empregando seus conhecimentos matemáticos (Dijksterhuis, 1987, p. 14-17).

Dos textos que foram preservados de sua obra, vários têm uma característica epistolar, com dedicatórias para Eratóstenes e Dositheus, citados anteriormente e a Gélon II, filho de Hierão II, de Siracusa. Isso sugere a existência de uma rede de divulgação das produções intelectuais de pessoas com interesse nas matemáticas, permitindo a proposição de desafios ou a comunicação de soluções obtidas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Como principal fonte para tecer as considerações deste trabalho foi adotada a obra *Ludic Proof: Greek Mathematics and the Alexandrian Aesthetic*, do pesquisador e historiador da matemática Reviel Netz, da Universidade de Stanford, publicada em 2009. Tomando as palavras do próprio autor para

indicar seu objetivo com esta obra que completa uma trilogia, iniciada com *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics*, de 1999, passando por *The Transformation of Mathematics in the Early Mediterranean*, de 2004, sua principal preocupação neste livro é com o estilo da escrita matemática, entendido em termos culturais e estéticos, especialmente em diálogo com a poesia helenística:

A matemática grega — sempre baseada em mecanismos de diagramas com letras e em uma linguagem repleta de fórmulas — alcançou seus feitos mais notáveis no período helenístico, onde foi caracterizada por um certo estilo ‘lúdico’, comparável ao da literatura contemporânea (Netz, 2009, p. x).

O autor argumenta que os textos matemáticos helenísticos possuíam uma estética própria, marcada por elementos que identifica como *narrativa surpreendente*, *estrutura em mosaico* e um certo tom *lúdico*, o que reflete uma sensibilidade compartilhada com a literatura da época, especialmente a poesia alexandrina. Ele propõe que entender esse estilo não é apenas uma questão de forma, mas torna-se essencial para compreender como esses textos funcionavam culturalmente e por que eram prazerosos tanto para as pessoas que os produziam como para quem os lia.

Para Netz, a matemática helenística, especialmente a de Arquimedes, emprega uma forma de narrativa que provoca *surpresa* intelectual. Isso ocorre quando a solução de um problema ou a demonstração de um teorema desafia as expectativas do leitor, conduzindo-o por caminhos inesperados. A estrutura da prova é construída de modo a preservar o suspense, criando reviravoltas ou momentos de revelação que geram prazer cognitivo. Assim como na literatura alexandrina, o deleite do leitor não está apenas no conteúdo, mas na maneira como o conteúdo é revelado.

Esse uso da surpresa implica um jogo com o leitor: a matemática é apresentada não como algo linear e previsível, mas como algo que pode intrigar e, por fim, deslumbrar.

A ideia de *estrutura em mosaico* refere-se à maneira como os textos matemáticos helenísticos são organizados em unidades ou blocos relativamente independentes, que se justapõem como peças de um quebra-cabeça. Em vez de um discurso fluido e contínuo, as provas são compostas por segmentos que podem parecer inicialmente desconectados, mas que, ao final, revelam uma coerência e harmonia surpreendentes.

Netz argumenta que essa forma de construção espelha características da estética helenística mais ampla, como a poesia de Calímaco, na qual a erudição e a fragmentação são valorizadas. No contexto matemático, essa abordagem permite que o autor esconda ou revele intenções ao longo do texto, encorajando o leitor a reconstruir o raciocínio como quem monta um mosaico.

O tom *lúdico* é talvez o traço mais distintivo da estética defendida por Netz. Ele não se refere ao jogo no sentido de trivialidade, mas ao prazer intelectual refinado que os textos oferecem ao envolver o leitor em desafios formais, engenhosidade e ironia matemática. Os autores, como Arquimedes, não escrevem apenas para demonstrar teoremas, mas também para entreter mentes cultas, criando um espaço onde a matemática se torna jogo de inteligência — um jogo sério, mas ainda assim, um jogo.

Esse tom se manifesta em estratégias como apresentar um problema aparentemente simples que se revela extremamente sofisticado, ou propor desafios que exigem raciocínio criativo e não apenas domínio técnico.

Netz esclarece, ainda, que o termo *lúdico* não implica que a matemática fosse uma brincadeira, mas que havia uma sofisticação estilística semelhante à da arte literária. Também destaca que, ao analisar a estética dos textos científicos, busca-se compreender como práticas culturais específicas moldam até mesmo campos considerados universais, como a matemática.

Nesta proposta de Netz, se considerarmos que matemática não era tratada apenas como uma prática racional, mas também como uma arte narrativa, os textos matemáticos funcionavam como performances intelectuais que precisavam combinar surpresa, estrutura engenhosa e ludicidade, assemelhando a matemática com a estética do mundo alexandrino.

A respeito dessa *estética alexandrina*, Netz a identifica como um conjunto de estratégias estilísticas e culturais presentes especialmente na literatura, tendo como principais características a *erudição refinada*, *surpresa intelectual*, *fragmentação*, *engenhosidade*, *distanciamento emocional* e *universalismo*.

A *erudição* se faz notar na valorização do conhecimento técnico e especializado, muitas vezes apresentado de forma indireta ou codificada, exigindo do leitor uma formação sofisticada para compreender o texto.

A *surpresa intelectual* emerge de textos construídos com estruturas narrativas que levam o leitor a uma conclusão inesperada, gerando prazer pela descoberta e pelo contraste entre simplicidade aparente e complexidade real.

A *fragmentação* ou *estrutura em mosaico* observa-se pela organização do texto em blocos autônomos, com uma lógica composicional que exige que o leitor reconstrua a totalidade. Isso favorece uma leitura ativa e interpretativa, semelhante à montagem de um quebra-cabeça. Isso leva também à valorização do tom lúdico e da *engenhosidade*, não só de quem escreve, mas de quem lê o texto. O jogo com o leitor é essencial: os autores mostram sua habilidade por meio de desafios criativos e demonstrações engenhosas, encantando enquanto instruem.

Percebe-se também um *distanciamento emocional*, pois a estética alexandrina valoriza o controle, a sobriedade e o rigor formal — seja na poesia ou na matemática. Não há sentimentalismo, mas sim precisão e sutileza, e o *universalismo* ou *cosmopolitismo intelectual*, característica desenvolvida em Alexandria, cidade que havia se tornado capital multicultural do saber helenístico, um ambiente em que os saberes que hoje distinguimos como ciência, arte ou filosofia conviviam e dialogavam.

Netz constrói o conceito de estética alexandrina examinando principalmente as obras de poesia, como as de Calímaco, que são modelos por excelência da literatura alexandrina: erudita, fragmentada, com estrutura refinada e tom intelectual. Para reforçar sua argumentação, vale-se de trabalhos da crítica literária, como as de Richard Hunter, Susan Stephens e Glenn Most, que analisam o papel da surpresa e da erudição na poesia do período.

Encontra-se apoio também nas contribuições da história da matemática e da ciência, especialmente sobre o estilo das demonstrações e a materialidade da escrita científica (como nos diagramas e formulações de Euclides e Arquimedes) e na filologia clássica e teoria narrativa, aplicando aos textos matemáticos categorias normalmente usadas na crítica literária, como estrutura, tom, narrador implícito e estilo e propondo que os textos matemáticos devem ser lidos também como performances culturais.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, com base em procedimentos de análise bibliográfica e documental. O objetivo é examinar três obras atribuídas a Arquimedes — *Stomákhion*, *Problema Bovino* e *Arenário* — a partir do referencial teórico desenvolvido por Reviel Netz na obra já mencionada *Ludic Proof: Greek Mathematics and the Alexandrian Aesthetic* propondo que, no período helenístico, as pessoas que escreviam textos matemáticos adotaram um estilo estético e intelectual lúdico, comparável ao da literatura alexandrina, caracterizado pelo uso de dispositivos retóricos, engenhosidade formal e prazer intelectual na execução de cálculos complexos.

O *corpus* principal da pesquisa é composto de traduções comentadas e edições críticas das obras mencionadas. Para o *Stomákhion*, será utilizada a tradução com introdução e notas elaborada por Carvalho et al. (2021). O *Problema Bovino* será analisado a partir do artigo de Carvalho e Oliveira (2023). Já a obra *Arenário* (ou Contador de Areia) será estudada com base na tradução de Marques e Cataneo (2023). Para o conjunto da obra arquimediana, são tomadas como referências Dijksterhuis (1987), Heiberg (2013) e Netz (2017).

A análise será conduzida por meio de uma leitura comparativa dos textos, focando na forma de apresentação dos problemas, nas estratégias argumentativas, nos elementos de engenhosidade ou humor e na presença de jogos intelectuais ou artifícios retóricos — aspectos centrais do estilo lúdico descrito por Netz. Esses elementos serão interpretados como expressões culturais que articulam matemática, estética e retórica no contexto helenístico.

Em seguida, analisam-se as três obras, observando diferenças e semelhanças quanto ao grau de formalização matemática, à intencionalidade estética ou recreativa e à estrutura dos raciocínios propostos. A comparação buscará verificar em que medida cada obra pode ser compreendida como exemplo de uma “prova lúdica” no sentido proposto por Netz.

Por fim, a leitura crítica será complementada por uma contextualização histórica, considerando o ambiente intelectual do período helenístico, especialmente a influência da Escola de Alexandria. A pesquisa visa, assim, contribuir para uma interpretação ampliada das obras de Arquimedes, reconhecendo seu valor não apenas técnico, mas também como manifestações de uma cultura matemática sofisticada e artisticamente engajada.

O STOMÁKHION

O *Stomákhion* é uma das obras mais enigmáticas e fascinantes de Arquimedes. O título (*Στομάχιον*) remete a um jogo ou quebra-cabeça geométrico, sendo assemelhado ao Tangram. A versão fragmentária redescoberta no Palimpsesto de Arquimedes² revelou um conteúdo matemático substancial, que mostra a preocupação do autor com a contagem combinatória das possíveis disposições das peças.

O texto propõe uma análise matemática de um conjunto de 14 peças geométricas (figura 2) que, em conjunto, formam um quadrado. A proposta de Arquimedes parece ter sido a de calcular o número de maneiras possíveis de reorganizar essas peças de modo que ainda formem o mesmo quadrado. O problema não é apresentado com um enunciado formal como nos tratados clássicos

² Indicamos, para maiores detalhes sobre a surpreendente história do Palimpsesto em que foi localizado (mesmo que parcialmente) pela primeira vez o texto *Stomákhion*, a obra NETZ, Reviel; NOEL, William., *Códex Arquimedes*. Rio de Janeiro: Record, 2009.

de geometria, mas é explorado de forma investigativa e desafiadora, sem apresentar nem a questão inicial, nem a solução final de maneira direta.

Figura 2 – O stomákhion.



Fonte: Carvalho *et al.* (2021, p. 16).

Do ponto de vista matemático, os objetos centrais são as figuras planas, especialmente triângulos e quadriláteros, conceitos de área, congruência e combinatória. A presença de questões sobre contagem e disposição das peças mostra uma antecipação de raciocínios combinatórios, pouco comuns no contexto da matemática grega tradicional.

A seguir, apresentamos o trecho incompleto que pode ser lido na recuperação do palimpsesto, seguido do diagrama que o acompanha:

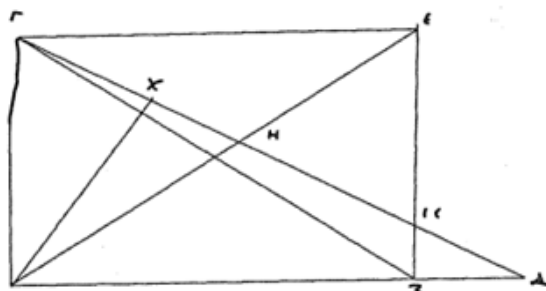
Uma vez que o chamado stomákhion contém uma teoria da múltipla transposição das figuras de que se compõe, considere necessário, primeiramente, observando-as em relação à grandeza da figura como um todo, estabelecer aquelas em que ele se divide e como ele é medido por cada uma delas; e, em seguida, estabelecer também quais e como são os ângulos quando tomados conjuntamente. Isso está dito para que se tornem conhecidas as composições surgidas dessas figuras: se os lados nelas surgidos estão sobre uma reta ou se falham por pouco, ainda que isso passe despercebido à observação. Pois tais coisas contêm engenho e arte. E mesmo que as figuras assim compostas tenham uma falha mínima, e isso passe despercebido à observação, não é por causa disso que devem ser descartadas. Pois bem, há uma quantidade não pequena de figuras feitas com essas [figuras menores], por ser possível mover um mesmo lugar para outro, quando uma figura igual [em tamanho] e equiangular é transposta e assume outra posição. Além disso, duas figuras combinadas equivalem a uma única figura quando são iguais [em tamanho] e semelhantes a essa única figura; ou ainda, quando duas figuras combinadas são iguais [em tamanho] e semelhantes a duas [outras] figuras combinadas – muitas figuras são compostas a partir de transposições (Carvalho *et al.* 2021, p. 34-35).

Nestes parágrafos introdutórios, já há alguns elementos a serem considerados: “Isso está dito para que se tornem conhecidas as composições surgidas dessas figuras: se os lados nelas surgidos estão sobre uma reta ou se falham por pouco, ainda que isso passe despercebido à observação. Pois tais coisas contêm engenho e arte.”; além de “Pois bem, há uma quantidade não pequena de figuras feitas com essas [figuras menores], por ser possível mover um mesmo lugar para outro, quando uma figura igual [em tamanho] e equiangular é transposta e assume outra posição.” e “[...] muitas figuras são compostas a partir de transposições.” (Carvalho *et al.* 2021, p. 34-35 - grifos do autor)

O texto segue, apresentando um teorema que parece ser auxiliar para as argumentações futuras do texto (que infelizmente não estão disponíveis) e traz uma estrutura bastante reconhecível de uma demonstração euclidiana, em suas etapas identificados por Proclo e reverberado por vários comentaristas, a saber:

- a) enunciado (protasis): a enunciação do teorema ou problema propriamente dito;
- b) exposição (ekthesis): descreve a figura particular a ser tratada;
- c) especificação (diorismos): apresenta, para a figura particular, a propriedade ou construção que será demonstrada;
- d) construção (kataskeue): efetua, por meio do que é permitido pelos cinco postulados, as construções necessárias para a demonstração;
- e) prova (apodeixis): por meio geralmente de noções comuns e definições, demonstra que a construção efetuada está de acordo com o que se sustentou na especificação.
- f) conclusão (sumperasma): revisa a construção efetuada (no caso dos problemas) ou simplesmente retoma o enunciado (no caso dos teoremas) (Vaz, 2010, p. 33)

Figura 3 – Fac-símile e reconstrução do diagrama referente à demonstração do teorema proposto no Stomákhion.



Fac-símile do diagrama do códex.

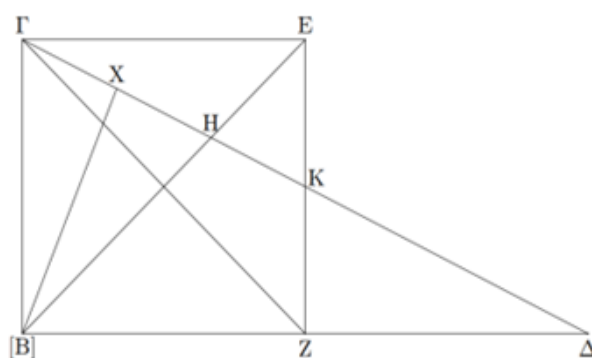


Diagrama reconstruído.

Fonte: Carvalho *et al.* (2021, p. 32).

Primeiro, comecemos delineando um teorema nessa direção.
 Seja então um paralelogramo retângulo ΖΓΕ e seja ΕΖ dividido ao meio em Κ. E sejam traçados, a partir de Γ e Ε, ΓΚ e ΒΕ. Deve-se demonstrar que ΓΒ é maior que ΒΗ.
 Sejam estendidos ΓΚ e ΒΖ, encontrando-se em Δ, e seja traçado ΓΖ. Uma vez que ΕΚ é igual a ΚΖ e que ΓΕ, isto é, ΒΖ, é igual a ΖΔ, de modo que ΓΖ é maior que ΖΔ, por conseguinte, também o ângulo ΖΔΓ é maior que ΖΓΔ. Mas os ângulos ΗΒΔ e ΒΓΖ são iguais, pois cada um é metade de um reto. Por conseguinte, ΓΗΒ também é maior que ΗΓΒ (pois ΓΗΒ é igual aos dois ângulos [somados], internos e opostos, ΗΒΔ e ΗΔΒ), de modo que ΓΒ é maior que ΒΗ; portanto, se ΓΗ for dividido em dois, em Χ, o ângulo

ΓXB será obtuso. De fato, uma vez que ΓX é igual a XH e que XB é comum, dois lados [de um triângulo] são iguais a dois lados [do outro triângulo]; e, sendo a base ΓB maior que BH , o ângulo [de um] também é maior que o ângulo [do outro]. Portanto, o ângulo ΓXB é obtuso, e é agudo o adjacente. E ΓBH é metade de um reto, supondo-se o paralelogramo como [quadrado], e BXH é agudo; e tampouco são iguais os ângulos restantes de ΓBH , e este triângulo está composto e dividido pela parte adicionada. Seja uma pequena área retangular de lados dobrados, ... tendo AB como diagonal, tendo a reta ΓA como o dobro de ΓB , ... tendo a espessura ... ser possível ajustar como se fossem retas, uma vez que os segmentos têm uma ordem. E seja ΓA cortada em dois, em E , e EZ traçada [passando] por E , paralelamente a $B\Gamma$; então, [os paralelogramos] ΓZ e ZA são quadrados. Sejam traçadas $\Gamma \Delta$, BE e $E\Delta$ como diagonais; sejam ΓH e $E\Delta$ cortadas em dois, em Θ e X ; sejam ligadas $B\Theta$ e XZ ; e sejam traçadas $K\Lambda$ e $X\Xi$, passando por X e K , paralelas a $B\Delta$. Portanto, por meio do teorema exposto, o ângulo em Θ do triângulo $B\Gamma\Theta$ é obtuso, enquanto é evidente que o ângulo restante é agudo. E é evidente que é maior ...

Apesar de incompleto, o texto reflete um caráter lúdico evidente: há um jogo intelectual, um desafio ao leitor, e um prazer implícito na exploração do problema. É um texto que não apenas demonstra, mas que também entretém, surpreende e convida à experimentação.

O PROBLEMA BOVINO

O Problema Bovino (ou Problema dos Bois) é um poema-problema matemático composto por 22 dísticos elegíacos³, dirigido a Eratóstenes, bibliotecário de Alexandria.

O poema trabalha com a matéria poética homérica, propondo uma releitura dos versos 127–130 do canto XII da Odisseia, passagem esta que trata da quantidade de vacas e ovelhas do Sol: [...]

“Depois chegarás à ilha Trinácia, onde pastam
as muitas vacas e as robustas ovelhas do Sol:
São sete rebanhos de vacas, e igualmente, sete de belas ovelhas,
Com cinquenta animais em cada uma.” (Carvalho; Oliveira, 2023, p. 2).

Nos versos iniciais do Problema Bovino, um estrangeiro é questionado a calcular a quantidade do gado do Sol, que é dividido em quatro rebanhos, segundo a sua coloração: branco, preto, amarelo e malhado. As suas proporções são dadas por meio de nove condições, sendo as três primeiras referentes aos touros; as quatro seguintes, às vacas, e as duas finais ao rebanho como um todo:

Em cada rebanho havia uma quantidade de touros sobressaindo-se em número, formando tal proporção: ó estrangeiro, imagine; os de pelo branco eram iguais a metade mais um terço dos pretos, mais todos os amarelos juntos. Já os pretos eram iguais a um quarto mais um quinto dos malhados, mais todos os amarelos juntos. Observe que os touros restantes, os malhados, eram iguais a um sexto mais um sétimo dos brancos, mais todos os amarelos juntos. [...]

Esta era a proporção das vacas: as brancas eram iguais a um terço mais um quarto de todo o rebanho preto. Já as vacas pretas eram iguais a um quarto mais um quinto das vacas malhadas, quando iam para o pasto com os touros da mesma cor. Já as malhadas eram em número igual a um quinto mais um sexto do rebanho amarelo. As amarelas eram em número igual a metade de um terço mais um sétimo do rebanho branco. [...]

Mas venha e entenda também todas essas condições que afetam o número do gado do Sol. Quando os touros brancos misturavam seu número com os pretos, se mantinham

³ Segundo West (1974, p. 2, apud Carvalho; Oliveira, 2023, p. 2) “por elegia denota-se uma tradição poética, em metro elegíaco, na qual o poeta discursa por meio de sua própria pessoa, geralmente para um interlocutor específico e no contexto de uma ocasião ou situação particular”.

todos em formação de igual profundidade e largura, e as planícies da Trinácia enchiam-se com a sua multidão. Além disso, quando os touros amarelos e malhados eram reunidos, permaneciam de um modo que seu número, começando pelo um, crescia lentamente até completar uma figura triangular, não havendo touros de outras cores, nem sobrando nenhum deles (Carvalho; Oliveira, 2023, p. 3-4).

O desafio apresentado originalmente em forma de versos, foi traduzido em prosa para a análise de seu conteúdo matemático, sem, no entanto, perder de vista a peculiaridade de um problema matemático ter sido assim escrito, misturando mitologia e literatura.

Matematicamente, o problema exige habilidades de aritmética e cálculo de raiz quadrada de números muito grandes. A segunda parte do problema leva a uma formulação equivalente àquilo que ficou conhecido como equação de Pell, cuja menor solução envolve números com centenas de milhares de dígitos.

O texto é sofisticado em sua forma: escrito em versos, evoca uma tradição de enigmas literários e jogos intelectuais dirigidos a uma elite culta. A estética lúdica está presente tanto no formato poético quanto na complexidade exagerada da solução, cuja resolução prática se torna praticamente impossível sem ferramentas computacionais modernas.

O ARENÁRIO

Em O Contador de Areia (ou Arenário), Arquimedes propõe um exercício retórico e matemático ambicioso: calcular quantos grãos de areia caberiam no universo. O texto, como já comentado, é endereçado ao rei Gélon II e busca responder à crença comum de que o número de grãos de areia seria incontável.

Arquimedes começa por estabelecer um sistema numérico capaz de lidar com números muito grandes, ultrapassando o sistema numérico grego comum. Introduz, assim, um método de notação exponencial rudimentar, permitindo que se contemplem números da ordem de 10^{63} ou superiores. Em seguida, define os limites do universo conhecidos à época, com base na cosmologia de Aristarco de Samos, e calcula a estimativa de grãos de areia que preencheriam esse espaço.

Os objetos matemáticos envolvidos incluem sistemas de numeração, potências de dez, ordens de grandeza, esfericidade da Terra e do universo, e conceitos de aritmética aplicada à astronomia. A obra também apresenta argumentos geométricos para estimar superfícies e volumes.

No plano estilístico, o texto mescla precisão matemática com um tom leve e provocador, dirigido a um interlocutor real com o objetivo de maravilhá-lo e entretê-lo. A obra tem propósito demonstrativo e retórico, mostrando a força da matemática como instrumento para explorar o impensável.

ANÁLISES E RESULTADOS

A partir da leitura das obras *Stomákhion*, *Problema Bovino* e *O Contador de Areia*, foi realizada uma análise qualitativa, com foco na identificação dos elementos que Reviel Netz define como característicos da “estética alexandrina”: a surpresa narrativa, a estrutura em mosaico e o tom lúdico. Essas categorias, presentes na obra *Ludic Proof*, foram tomadas como chave de leitura para compreender a singularidade estilística e intelectual da produção matemática de Arquimedes.

No Stomákhion, a ludicidade é o aspecto mais evidente. O texto propõe um problema de rearranjo geométrico das 14 peças que formam um quadrado, cuja solução exige raciocínio combinatório e visualização espacial. A proposta remete diretamente a um jogo intelectual, não apenas como passatempo, mas como um exercício matemático sofisticado. A estrutura do texto é fragmentária, consistindo em observações analíticas que se somam sem uma progressão linear, compondo uma estrutura em mosaico. A surpresa reside no contraste entre o caráter lúdico do enunciado e a complexidade formal da solução implícita.

O Problema Bovino é, por sua vez, uma manifestação extrema da estetização da dificuldade. Apresentado sob a forma de poesia, o problema combina a linguagem mitológica com relações matemáticas altamente sofisticadas, culminando em uma equação de Pell cuja solução excede qualquer possibilidade de cálculo manual. A surpresa narrativa é central: o leitor inicia o texto com a expectativa de um desafio poético e se depara com um problema de magnitude quase intransponível. A estrutura em mosaico é observada na divisão do texto em duas partes distintas, com um salto considerável de dificuldade entre elas. O tom lúdico está presente na forma de desafio, quase como uma provocação feita a Eratóstenes, incentivando o prazer da resolução como conquista intelectual.

Em O Contador de Areia, a ludicidade se expressa na ousadia conceitual de quantificar o incontável. Arquimedes não apenas propõe calcular quantos grãos de areia caberiam no universo, como também cria um sistema de representação numérica para tornar isso possível. A surpresa está em sua capacidade de transformar uma hipótese aparentemente absurda em um cálculo plausível. A estrutura do texto é composta por partes conceituais e demonstrações intercaladas, formando um mosaico argumentativo. O tom lúdico aparece na forma de desafio retórico dirigido ao rei Gelão, com uma mistura de rigor matemático e humor intelectual.

Nos três casos, nota-se que os textos não apenas transmitem resultados matemáticos, mas também engajam o leitor em uma experiência de inteligência e admiração, característica fundamental da estética alexandrina segundo Netz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada revela que as obras de Arquimedes selecionadas compartilham traços estilísticos e conceituais que vão além da demonstração matemática em si. Elas se estruturam como performances intelectuais que mobilizam engenhosidade, criatividade e um prazer manifesto pelo desafio. Tal como propõe Reviel Netz, essas obras ilustram a “prova lúdica” não apenas como uma forma de apresentar resultados, mas como uma forma de fazer da matemática uma arte erudita.

A engenhosidade ocupa lugar central nessa construção. Arquimedes não se contenta em apresentar demonstrações elegantes; ele cria situações matemáticas inusitadas, formula problemas sob a forma de enigmas poéticos ou jogos geométricos, e desafia os limites da representação numérica. Ao fazer isso, ele amplia as fronteiras do pensável, inserindo a matemática no campo da invenção e da maravilha.

Nesse sentido, a matemática de Arquimedes é mais do que um conjunto de técnicas: é uma manifestação de cultura e de estilo. Ela se insere na tradição helenística como expressão de uma inteligência que valoriza não apenas o saber, mas o modo engenhoso e refinado de compartilhá-lo. Considerar a ludicidade como aspecto constitutivo dessas obras não diminui seu valor científico,

mas, ao contrário, amplia nossa compreensão sobre o que a matemática podia ser no mundo antigo: uma forma de arte do pensamento.

REFERÊNCIAS

BÉRARD, Victor. **Les phéniciens et l’Odyssée**. Tome II. Paris: Armand Colin, 1903.

CARVALHO, Henrique Marins de; ISKANDAR, Jamil Ibrahim; TRANJAN, Tiago; CORTESE, João F. N. B.; SAMPAIO, Vicente A. de Arruda. O Stomákhion de Arquimedes: tradução com notas e introdução. **Revista Brasileira de História da Matemática**, São Paulo, v. 21, n. 42, p. 14–51, 2021. Disponível em: <https://www.rbhm.org.br/index.php/RBHM/article/view/356>. Acesso em: 23 mar. 2025.

CARVALHO, Henrique Marins de; OLIVEIRA, Rodrigo Lima de. O problema bovino de Arquimedes: tradução com notas, introdução e comentários sobre a resolução. **Revista Brasileira de História da Matemática**, São Paulo, v. 23, n. 46, p. 01–22, 2023. DOI: 10.47976/RBHM2023v23n4601-22. Disponível em: <https://www.rbhm.org.br/index.php/RBHM/article/view/423>. Acesso em: 23 mar. 2025.

CATANEO, Davi Meneses; MARQUES, Ivo de Almeida. Arquimedes: O Contador de Areia. **Sitientibus** Série Ciências Físicas, Feira de Santana, Bahia, Brasil, v. 18, p. 1–14, 2023. DOI: 10.13102/sscf.v18i.8567. Disponível em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/SSCF/article/view/8567>. Acesso em: 23 mar. 2025.

DIJKSTERHUIS, E. J. **Archimedes**. Tradução de A. D. Morrison. Princeton: Princeton University Press, 1987.

HARPER, Douglas. **Etymology of Syracuse**. Online Etymology Dictionary. Disponível em: <https://www.etymonline.com/word/Syracuse>. Acesso em 23 mar. 2025.

HEIBERG, Johan Ludvig. **Archimedis opera Omnia**: Volume 1. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2013.

MORRIS, Ian; SCHEIDEL, Walter. (Eds.). **The dynamics of ancient empires**: State power from Assyria to Byzantium. Nova Iorque, NY, USA: Oxford University Press, 2009.

NETZ, Reviel. **Ludic Proof**: Greek Mathematics and the Alexandrian Aesthetic. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

NETZ, Reviel (org.). **The Works of Archimedes**: Translation and Commentary. Vol. I: The Two Books On the Sphere and the Cylinder. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

PLUTARCH. **Plutarch’s Lives**. Vol. 1. CLOUGH, A. H. (Ed.). Philadelphia: John D. Morris & Company, 1860.

ROMERO, Sérgio Luiz Gusmão Gimenes. **Mito e performance na Olímpica I de Píndaro**. 2013. 100f. Dissertação (Mestrado em estudos literários) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Letras, campus de Araraquara. Orientador: Fernando Brandão dos Santos. 2013.

VAZ, Bruno Rafaelo Lopes. **O Papel dos Diagramas na Geometria Euclideana**. 2010. 235. Tese (Doutorado em Filosofia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-Rio. Orientadores: Prof. Luiz Carlos Pinheiro Dias Pereira e Prof. Abel Lassalle Casanave. 2010.