

## Astronomia e Matemática: Eratóstenes e suas contribuições.

**Discentes:**

**Nádia Raquel Gomes de Sousa<sup>1</sup>, Natália da Rocha Oliveira<sup>2</sup>.**

**Professor orientador:**

**RESUMO:** Resumo (Arial – Fonte tamanho 10- - Espaço simples – máximo 150 palavras);

Desde a antiguidade, a matemática e a astronomia estão relacionadas. De fato, a astronomia, com a mais antiga ciência, data de vários feitos a milhares de anos, com observações no céu e estrelas. Contudo, com a busca de uma explicação racional para fenômenos celestes e conhecer a natureza dos cosmos, se utilizando da matemática, surgiram conceitos de esfera. Dessa maneira, o conhecimento do universo se expandiu e foi, anos depois, que surgiu com Aristarco de Samos a proposta do heliocentrismo. Apesar disso, acreditava-se que a Terra era plana, e foi Eratóstenes de Cirene que desvendou o mito, provando que a Terra era uma esfera e não satisfeito, durante sua trajetória como diretor da famosa Biblioteca de Alexandria descobriu vários feitos e inovações onde realizou o seu maior feito, a medida da circunferência da Terra no qual proporcionou criar o primeiro mapa do mundo.

*Palavras-Chave: Astronomia, Matemática, Eratóstenes.*

### 1. ASTRONOMIA E MATEMÁTICA

A matemática e a astronomia relacionam-se desde a antiguidade, pois além de ambas serem consideradas ciência, cada uma possui suas particularidades. A astronomia é considerada a mais antiga das ciências. As primeiras civilizações, como os babilônios, gregos, chineses, indianos, persas e maias realizaram observações metódicas do céu noturno. Os Babilônios (1894 – 538 a. C.) já relacionavam essas duas ciências. Tabuletas que datam do período da antiga Babilônia documentam a aplicação da matemática à variação da duração da luz do dia ao longo de um ano solar. A astronomia chinesa possui uma longa história, com historiadores considerando que "os povos chineses foram os observadores mais persistentes e precisos de fenômenos celestes do mundo antes dos árabes". De acordo com John Jackson (11 de fevereiro de 1887 — 9 de dezembro de 1958, astrônomo escocês), os chineses já haviam medido a duração do ano em trezentos e sessenta e cinco dias e

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Matemática – Universidade Federal do Piauí – E-mail: dnadia262@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Licenciatura em Matemática – Universidade Federal do Piauí – E-mail: nathtalia47@gmail.com

um pouco menos de seis horas há mais de dois mil anos, e calculavam a duração em 365 dias, 5 horas e 50 minutos. Os indianos tinham seu principal interesse na astronomia, pois, princípios subjacentes que governavam o movimento dos planetas do Sol e da Lua, ou seja, eles se interessavam mais pela matemática que descrevia estes movimentos (já desenvolvida pelos astrônomos gregos). Aryabhata de Kusumapura (476 a.c) foi o primeiro a usar álgebra na astronomia (fórmulas aritméticas, medições trigonométricas e equações quadráticas). Discordava das ideias de Ptolomeu sobre as maneiras pelas quais os planetas se moviam. Opunha-se particularmente à ideia de que a Terra estava em repouso.

A astronomia grega caracteriza-se desde o início pela busca de uma explicação racional e física para os fenômenos celestes. A maioria das constelações do hemisfério norte derivam da astronomia grega, assim como os nomes de muitas estrelas, asteroides e planetas. A astronomia grega estende-se desde a Grécia Antiga, no Período Helenístico, no Período Greco-Romano até a Antiguidade Tardia. O desenvolvimento da astronomia pelos astrônomos gregos e helenísticos é considerado pelos historiadores como uma fase importante na história da astronomia. O esforço dos gregos em conhecer a natureza dos cosmos, e com o conhecimento herdado dos povos mais antigos, surgiram os primeiros conceitos de Esfera Celeste, que acreditavam ser uma esfera de material cristalino, incrustada de estrelas, tendo a Terra no centro. Desconhecedores da rotação da Terra, os gregos imaginaram que a esfera celeste girava em torno de um eixo passando pela Terra. Observaram que todas as estrelas giram em torno de um ponto fixo no céu, e consideraram esse ponto como uma das extremidades do eixo de rotação da esfera celeste. Os astrônomos gregos dedicavam-se ao estudo da centralidade do universo, e das distâncias e volumes tanto da Lua, como da Terra e do Sol. De maneira geral pode-se afirmar que os gregos antigos tinham o pensamento geocêntrico, ou seja, acreditavam que a Terra deveria ser o centro do universo. Por estudos e observações deduziram que a Lua deveria ser mais próxima da Terra do que do sol. Este fator é fácil de se observar: a lua tem suas fases – nova, crescente, cheia e minguante – que são bastante visíveis. Caso a Lua estivesse mais próxima do sol ela se apresentaria sempre no formato da Lua Cheia, ou o mais próximo disso, concluíram. Além dos cálculos e dos estudos sobre Terra, Sol e Lua, seus volumes e distâncias, atribui-se aos gregos antigos o conhecimento e a nomeação de muitas constelações do hemisfério norte. Aristarco de Samos foi o primeiro cientista a propor o heliocentrismo (a Terra gira em torno do Sol). O conhecimento do nosso universo expandiu-se gradualmente nos últimos milhares de anos graças aos esforços dos astrônomos ao longo dos tempos.

Astrônomos famosos – muitos deles grandes cientistas que dominaram muitos campos – explicaram os céus com vários graus de precisão. Ao longo dos séculos, uma visão geocêntrica do Universo – com a Terra no centro de tudo – deu lugar à compreensão adequada que temos hoje de um universo em expansão no qual nossa galáxia é apenas uma entre bilhões. Um grande astrônomo que se destacou, é Eratóstenes, que desvendou uma dos maiores feitos ao determinar a distância da circunferência da Terra.

## 2. Quem foi Eratóstenes?

Eratóstenes de Cirene foi um matemático, gramático, poeta, geógrafo, bibliotecário e astrônomo da Grécia Antiga. Nasceu em [Cirene](#), antiga colônia grega na atual Líbia, em 276 a.C., e morreu aos 82 anos na cidade de Alexandria (Egito) em 194 a.C.. Era chamado de "Beta" porque o consideravam o segundo melhor do mundo em vários aspectos. Ainda criança foi para escola, naquele tempo, chamada de ginásio. Quando completou o ginásio, mudou-se para Atenas. Lá estudou matemática, filosofia e ciências. Além de um grande perguntador e um incrível fazedor de listas, sua mente tentou compreender praticamente todas as ciências por ser um observador da natureza. Ao longo de sua juventude estudou em Atenas (Grecia) e teve como professores o estudioso Lisianias de Cirene, o filósofo Ariston de Chios, Calímaco de Cirene. Com Arquimedes de Siracusa, também manteve excelentes relações como é descrito pelo Suda (A Suda é a primeira enciclopédia do mundo, surgida no século X, em Constantinopla). Também na Suda, afirma-se que Ptolomeu III trouxe-o inicialmente de Atenas para ensinar o seu filho Filopátor (Ptolomeu IV Filopátor) em 245 a.C e também o tornar bibliotecário-chefe da Biblioteca de Alexandria, a mais importante da Antiguidade. Considerado o pai da Geografia na Antiguidade, em função dos importantes estudos e um dos principais cientistas e pensadores da Grécia Antiga.

Apesar de tantas respostas, Aretóstenes deixou tantas perguntas sobre si mesmo, pois, de tantos livros que escreveu não deixou documento pessoais, ou mais informações sobre seu nascimento. Apenas alguns historiadores clássicos e científicos que reuniram informações sobre o tempo em que Eratóstenes viveu, principalmente sobre os anos em que trabalhou como bibliotecário-chefe na grande biblioteca de Alexandria, no Egito.

## 3. Eratóstenes e seus feitos

Eratóstenes escreveu obras filosóficas, poemas, histórias, muitos diálogos e trabalhos sobre gramática. Entre as suas principais realizações destacam-se o desenvolvimento de um método matemático para medir as dimensões da Terra. É considerado o inventor da Esfera Armilar (astrolábio esférico), instrumento astronômico que mostra as principais divisões do céu e o movimento dos corpos celestes.

Uma outra surpreendente fonte de informação concernente a Eratóstenes, chega-nos através da crônica de Eutócito à Proposição 1 do livro 2 de Esfera e Cilindro, de Arquimedes, na qual se reproduz uma carta supostamente enviada por Eratóstenes a Ptolomeu III Evergetes:

“Se, meu bom amigo, tentares obter de qualquer pequeno cubo um outro cubo com o dobro do tamanho, e transformar devidamente qualquer sólido geométrico em outro, tal está em teu poder; através deste método, poderás encontrar a medida de um cercado, de um fosso ou da largura do fundo de um poço vazio, ou seja, se tentares encontrar entre duas réguas, dois meios (centros) com as duas extremidades convergindo. Não procures fazer o difícil

trabalho dos cilindros de Arquitas, nem cortar o cone nas tríades de Menaequimus, nem entender semelhante forma circular de linhas como a descrita pelo temente a Deus Eudoxus. Não poderias, nestas tabuletas, encontrar facilmente uma infinidade de meios, começando por uma pequena base. Feliz és tu, Ptolomeu, por seres um pai igual a seu filho em vigor juvenil, tu próprio lhe deste tudo o que é querido a musas e reis e talvez no futuro, ó Zeus, deus do Céu, também receba o centro nas tuas mãos. Assim seja e que quem quer que veja esta oferta possa dizer: “Esta é a dádiva de Eratóstenes de Cirene”.

Esta carta descreve a história do problema da duplicação do Cubo e, em particular, descreve um engenho mecânico inventado por Eratóstenes.

Foi o criador do Crivo de Eratóstenes, método (algoritmo) prático para encontrar números primos dentre os naturais, este algoritmo com as devidas alterações, ainda é uma ferramenta útil e importante na pesquisa da teoria dos números. Foi o pioneiro na medição do raio do planeta Terra. Elaborou um mapa de todas as terras emersas dentro de um quadriculado geográfico e introduziu conceitos acerca de paralelos e meridianos, nunca antes usados. Fez ainda vários estudos das áreas de Geografia, Matemática, Geometria e Astronomia.

### 3 Eratóstenes e a circunferência da Terra

Por muito tempo, acreditava-se que a terra era plana, porém na época de Eratóstenes ela já era considerada uma esfera pelos gregos, porém não se sabia a medida de sua circunferência. Nesse impasse, durante sua trajetória como bibliotecário- chefe da famosa Biblioteca de Alexandria, encontrou indicações em um papiro velho de que ao meio dia do dia mais longo do ano na Syene, uma cidade egípcia ao Sul de Alexandria os pilares de um templo não produzia sombra.

Percebeu que em Alexandria no mesmo dia e horário o fato não ocorria. Logo se a Terra fosse plana as sombras em Syene e Alexandria teria de ser iguais formando o mesmo ângulo, fato que não ocorria pois a Terra é curva e se propôs um método que buscava medir a circunferência da Terra, com o objetivo de finalizar o primeiro livro completo sobre geografia.

Eratóstenes era provido de conhecimento sobre ângulos e sombras, e através de suas experimentações constatou que quanto mais distante o Sol estivesse da superfície da Terra, mais seus raios de luz iriam atingir de forma paralelas duas regiões distintas não muito distantes. Nesse contexto para medir o tamanho da Terra, Eratóstenes decidiu ir a fundo em suas investigações, ele sabia que os raios de Sol atingiam diretamente a região de Syene no vigésimo primeiro dia de Junho onde acontecera o solstício de verão e que por tanto ao meio dia o sol brilharia direto dentro de um poço, sem que seja projetada nem uma sombra em suas paredes. No ano seguinte, naquele mesmo dia ao meio dia fincou uma vareta em Alexandria, região onde se encontrava, a fim de determinar o comprimento da sombra. Com tudo, é possível imaginar que se as varetas fincadas em Alexandria e em Syene fossem prolongadas, iriam se interceptar no centro da terra, uma vez que essa façanha se dá



devido as varetas estarem fincadas verticalmente no chão e pela curvatura da superfície entre essas duas regiões.

Sabido de que é possível medir o ângulo do sol pela sombra, Eratóstones mediu cerca  $7,2^\circ$  pela sombra projetada em Alexandria. Logo, imaginando a borda terrestre de Alexandria à Syene, como uma fração da terra, bastaria somente fazer a razão entre  $360^\circ$ , ângulo completo de uma circunferência, pelo ângulo dessa borda e portanto encontrar o número de frações que compõe o todo.

Nesse impasse, Eratostenes se utilizou de uma geometria muito simples, se duas retas paralelas interceptam uma reta transversal, então os ângulos correspondentes são iguais. Os raios solares seriam as retas paralelas e a vareta fincada em Alexandria prolongada até o centro da terra seria uma reta transversal, assim, determinou o cálculo em que o ângulo encontrado pela sombra em

Alexandria seria o ângulo da borda. Daí Eratostenes dividiu  $360^\circ$  por  $7,2^\circ$  que resultaria 50 frações iguais a borda. Faltava somente determinar a distância do arco entre as duas regiões para que fosse multiplicado ao final pelo número de frações iguais a borda e assim obter a medida do contorno terrestre.

Não se sabe ao certo como Eratostene calculou a mediada de Alexandria à Syene, ou se realmente se utilizou de maneira falha ao medir com camelos. Relatos mostram que essa medida teria sido determinada por um bematista-pessoa treinadas para dá passos constantes. Outros apontam que Eratostenes era um atleta e teria ele percorrido a pé de Alexandria à Syene. Contudo, ao final fora estabelecido a distância de cinco mil estádios, uma medida de comprimento equivalente a extensão de um campo de jogos olímpicos, essa medida corresponde a pouco mais de 157 metros, valor adotado no antigo Egito.

Sabendo o valor da medida do arco entre as duas regiões, ele poderia agora calcular a circunferência da Terra, multiplicando cinquenta por cinco mil estádios, tendo como resultado 250 mil estádios ou 40 quilômetros. Valor esse inferior ao dotado atualmente que é 40070 quilômetros, um valor mínimo se considerando o método científico utilizado por ele para seus cálculos à 2200 anos atrás.

Citações diretas de mais de quatro linhas. (Arial – Fonte tamanho 10 - Espaço Simples – 12 pt depois)



Figura 1: legendas - Arial 10, Negrito



Semana da Matemática de Abaetetuba

*MATEMÁTICA E IDENTIDADE:*

02 a 04 <sup>Dezembro</sup> 2020

*Cultura, Diversidade e Inclusão*



ABAETETUBA

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Astronomia\\_na\\_Gr%C3%A9cia\\_Antiga](https://pt.wikipedia.org/wiki/Astronomia_na_Gr%C3%A9cia_Antiga)

<https://www.obaricentrodamente.com/2011/07/astronomia-e-os-astronomos-na-grecia.html>

<https://www.infoescola.com/historia/astronomia-na-grecia-antiga/>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Erat%C3%B3stenes>

<https://universoracionalista.org/as-doze-mentes-mais-brilhantes-da-historia-da-astronomia/>

<https://www.somatematica.com.br/biograf/erat.php>