

## Medindo a circunferência da Terra: uma experiência de trabalho com engajamento virtual

*Measuring Earth's Circumference:  
A Experience of Virtual Work  
Engagement Era of Climate Denialism*

---

**Alessandro Martins**

[ORCID: 0000-0003-3234-6121](https://orcid.org/0000-0003-3234-6121)

**Thiago Oliveira Lima**

[ORCID: 0000-0001-7022-9546](https://orcid.org/0000-0001-7022-9546)

**Rivelino Cunha Vilela**

[ORCID: 0009-0004-7354-1059](https://orcid.org/0009-0004-7354-1059)

**Alexandre Maciel Matos**

[ORCID: 0000-0002-2375-576X](https://orcid.org/0000-0002-2375-576X)

**Rodrigo Felipe Raffa**

[ORCID: 0000-0001-5055-486X](https://orcid.org/0000-0001-5055-486X)

## Resumo

O Brasil é um país de dimensões continentais. A sua superfície é cortada por dois paralelos dos principais círculos de latitude: o Equador e o Trópico de Capricórnio. Neste ambiente, educadores têm reproduzido o clássico Experimento de Eratóstenes que permite estimar o valor da circunferência do planeta Terra. Há alguns anos a ação mundial faz parte do projeto organizado pelo Research and Development Department of Ellinogermaniki Agogi - Grécia, com o apoio da International Astronomical Union (IAU). Nesse sentido, a interação entre educadores de ciências de quatro instituições localizadas em diferentes regiões do Brasil permitiu reproduzir, simultaneamente, o Experimento de Eratóstenes com toda a atividade experimental transmitida de forma online, com o uso da plataforma YouTube e participação de docentes e estudantes, visando contribuir o aprendizado e com o propósito de agregar mais conhecimento junto à comunidade. Os dados foram coletados nas cidades de Macapá (AP), Imperatriz (MA), Jataí (GO) e Itapetininga (SP), cujas longitudes são muito próximas. O Experimento foi desenvolvido nos anos de 2020 e 2022, durante o solstício de verão e equinócio da primavera no Hemisfério Sul. Os resultados obtidos com este trabalho de engajamento virtual são discutidos em detalhes.

**Palavras-chave:** Eratóstenes. Circunferência da Terra. Educação científica.

## Abstract

*Brazil is cut by two parallels: to the north by Equator and, to the south, by the Tropic of Capricorn. In this place, the Eratosthenes Experiment was reproduced by collaboration between science educators from four institutions located in Brazil. This work was based on the global project 'Eratosthenes Experiment' organized by the Research and Development Department of Ellinogermaniki Agogi - Greece. The virtual engagement allowed for the simultaneous reproduction of all experimental activities online using the YouTube video platform, with local schools teachers and students participated. The data was collected in the Brazilian cities of Macapá, Imperatriz, Jataí, and Itapetininga, which have very close longitudes. The experiment was reproduced in 2020 and 2022, at the summer solstice and spring equinox in the Southern Hemisphere. The results obtained are discussed in detail.*

**Keywords:** Eratosthenes. Earth circumference. Science education.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, tem se verificado o importante trabalho de educadores na atenção a projetos educacionais intimamente correlacionados ao processo de descobertas científicas, projetos esses que demonstram a importância da necessidade de colaboração entre escolas, universidades e institutos tecnológicos no Brasil e no mundo, com o objetivo de contribuir com a melhoria da formação científica, em especial da Astronomia (Lyra, 2020). Como exemplo dessas atividades, tem o projeto de reprodução do experimento realizado originalmente por Eratóstenes no século III A.C. (Crease, 2006), destinado à medição da circunferência e do raio da Terra, uma ação mundial realizada com o apoio da União Astronômica Internacional (IAU do inglês: International Astronomical Union) (Ellinogermaniiki Agogi, 2022). Ao desenvolverem esta atividade, os professores e estudantes vivenciam um importante resgate histórico a respeito de uma das mais notáveis descobertas da Antiguidade: a compreensão do tamanho do planeta Terra utilizando-se de recursos muito simples como fios de prumo, hastes de ferro ou madeira, trenas e cartolinas.

Neste trabalho, a interação entre educadores de ciências de quatro instituições localizadas em diferentes regiões do Brasil (equipe de trabalho), com a participação de docentes e discentes de escolas públicas locais, permitiu reproduzir, simultaneamente, o Experimento de Eratóstenes com o uso de Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação (TDIC), especificamente via plataformas Google Meet, um serviço de comunicação por vídeo, e YouTube, uma plataforma de compartilhamento de vídeos, ambos pertencentes à empresa Google LLC. Os dados foram coletados nas cidades de Macapá (AP), Imperatriz (MA), Jataí (GO) e Itapetininga (SP), cujas longitudes são muito próximas, sendo que Macapá possui latitude aproximadamente zero (Equador Terrestre) e Itapetininga a latitude do Trópico de Capricórnio. O Experimento foi desenvolvido durante o solstício de verão do ano de 2020 e no equinócio da primavera no ano de 2022. A ação possibilitou determinar o valor da circunferência da Terra, latitudes locais e estimar a inclinação axial da Terra. A atividade permite conhecer e aplicar dados experimentais, desenvolver conhecimentos como construções geométricas, trigonometria, razões e proporções, coordenadas geográficas e geoposicionamento, conceitos que demonstram que a atividade possibilita uma interdisciplinaridade junto aos estudantes. De forma complementar, a utilização de TDICs para o engajamento de educadores e estudantes de diferentes instituições e regiões na realização conjunta de atividades científicas contribui para a construção do conhecimento através de uma melhor interação e troca de experiências, agregando mais conhecimento junto à comunidade (BRASIL, 2018 e Johnson, 2009).

A ação exemplifica um modelo útil de cooperação entre a comunidade escolar em diferentes cidades brasileiras. As instituições executoras desse trabalho são a Universidade Federal de Jataí (UFJ), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA, Câmpus

Imperatriz), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP, Câmpus Macapá) e o Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga.

## 2. Referencial Teórico

Eratóstenes de Cirene, nascido na Grécia em 276 a.C, trabalhou na Biblioteca de Alexandria (Egito) onde muitos acreditam que foi neste local onde ele encontrou um velho papiro com indicações de que no dia do solstício de verão, no hemisfério norte, uma vareta fincada verticalmente no solo em Assuã (ou Syene, no grego antigo), também cidade egípcia a 800 km ao sul de Alexandria, não produzia sombra ao meio dia solar (Roller, 2010). O que para muitos poderia ser considerado como informação inútil, não foi para um ser humano observador como Eratóstenes. Ele percebeu que o fenômeno não ocorria no mesmo dia e horário em Alexandria, cidade em que já se sabia, à época, estava mais ou menos no mesmo meridiano (mesma longitude) de Syene. O mesmo pôde comprovar que em Syene os raios solares incidem verticalmente sobre uma cisterna ao meio dia do solstício de verão (Figura 1), sendo que em Alexandria os raios solares formavam, com a vertical do lugar, um ângulo de  $1/50$  da circunferência completa ( $7,2^\circ$ ) (Ávila, 2007). Ele compreendeu que esse ângulo medido em Alexandria ( $\alpha = 7,2^\circ$ , Figura 1) é igual ao ângulo central correspondente à separação angular entre Syene e Alexandria, considerando que o Sol deveria estar tão longe que seus raios de luz chegam paralelos à Terra. Importante ressaltar que o ângulo  $\alpha$  assim descrito corresponde à separação angular entre duas localidades sendo uma delas na latitude correspondente onde os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície no determinado momento da medida. Assim, o ângulo  $\alpha$  está para o arco  $d$  (distância entre ambas as cidades) como o ângulo de  $360^\circ$  está para a circunferência  $C$  completa, conforme equação 1:

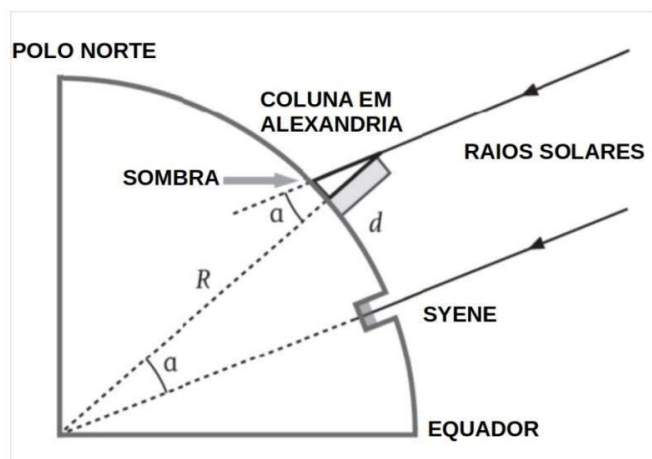
$$\frac{C}{360^\circ} = \frac{d}{\alpha} \frac{C}{360^\circ} = \frac{d}{\alpha} \quad \text{ou} \quad C = \frac{360^\circ \times d}{\alpha} \quad C = \frac{360^\circ \times d}{\alpha} \quad (1)$$

Sendo que  $C$  no experimento em questão corresponde à circunferência terrestre, onde:

$$C = 2\pi R_T \quad C = 2\pi R_T \quad (2)$$

e  $R_T$  é o raio da Terra.

Com as informações existentes, acredita-se que Eratóstenes tenha encontrado um valor de  $C = 46.250$  km, com  $R_T \approx 7.361$  km (Ávila, 2007), um grande feito para época sendo que o valor atualmente aceito na literatura é de  $R_T = 6.378$  km (considerado como o valor do raio equatorial da Terra) (Luzum, 2011). Como atualmente sabemos o planeta Terra não é uma esfera perfeita, uma vez que é achatada nos pólos, sendo considerado aproximadamente um elipsóide. Para efeitos didáticos, considerando-se que o achatamento dos pólos terrestres é pouco significativo podemos considerar a Terra como uma esfera.



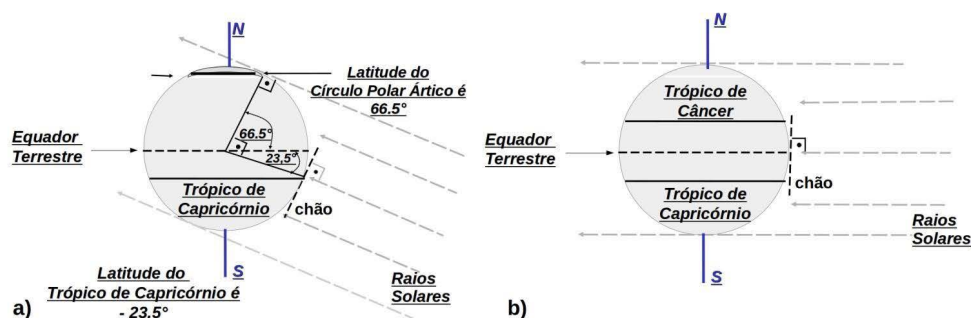
**Figura 1** - Configuração padrão do cenário original usado por Eratóstenes no Egito para definir os ângulos de sombra em dois locais geográficos diferentes. Eratóstenes supôs, de forma aceitável, que os raios solares chegam paralelos à Terra.

Fonte: (Sotiriou, 2015)

### 3. Metodologia

A reprodução do experimento de Eratóstenes foi realizado em duas datas: a) em 21 de dezembro de 2020 (solstício de verão no Hemisfério Sul); b) no dia 23 de setembro de 2022 (equinócio da primavera no Hemisfério Sul). Salientamos que no ano de 2020 as escolas públicas brasileiras ainda se encontravam com suas atividades didáticas presenciais paralisadas, devido à fase crítica da Pandemia da COVID-19. Dessa forma, a reprodução local do experimento foi toda desenvolvida com estudantes e docentes interagindo no modo on-line. De outro modo, em 2022, a alta taxa de vacinação da população brasileira contra COVID-19 permitiu, com maior segurança, o retorno presencial das atividades escolares, o que possibilitou a interação presencial das equipes de trabalho com docentes e discentes de escolas locais na reprodução do experimento.

O solstício é um fenômeno que ocorre quando o Sol, em seu movimento aparente através da abóbada celeste, atinge a maior declinação angular em latitude ( $23,5^\circ$ ), medida a partir do Equador Celeste (círculo máximo em que o prolongamento do Equador Terrestre intercepta a Esfera Celeste.). No Hemisfério Sul essa declinação máxima ocorre entre 21 e 22 de dezembro, marcando o início do verão. Observadores na latitude  $23,5^\circ$  (correspondente ao Trópico de Capricórnio) constatam que nesta data, ao meio-dia solar, o Sol está a pino (Figura 2). Para habitantes do Equador Terrestre (latitude zero), o Sol está sobre suas cabeças ao meio-dia, nos dias dos equinócios, ou seja, em 21 de março e 23 de setembro e, nesses dias, a declinação do Sol é de  $0^\circ$  (Bedaque, 2020).



**Figura 2** - a) Solstício de verão no Hemisfério Sul, momento esse em que os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície localizada na latitude do Trópico de Capricórnio, ao meio-dia solar. b) No Equinócio os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície localizada na latitude do Equador Terrestre.

Fonte: Adaptado pelos Autores (2023).

As atividades foram desenvolvidas em conjunto por educadores de instituições localizadas em 04 diferentes cidades brasileiras, que promoveram uma abordagem de investigação guiada junto a docentes e estudantes do ensino médio. As cidades participantes localizam-se em diferentes estados e regiões do Brasil.

O Brasil é cortado por dois paralelos notáveis: ao norte pelo Equador Terrestre e, ao sul, pelo Trópico de Capricórnio. Analisando a Figura 3 e a Tabela 1, é possível verificar que essas cidades possuem coordenadas de latitude diferentes e de longitudes próximas. Importante também observar pela Figura 3 e mais especificamente pelos dados da Tabela 1 que Macapá (latitude aproximadamente de 0º) localiza-se sobre o Equador Terrestre, e Itapetininga (latitude aproximadamente 23º) localiza-se sobre o Trópico de Capricórnio, ambas as localidades como pontos privilegiados para servirem de referência na otimização dos dados experimentais.



**Figura 3** - Mapa do Brasil com a localização das cidades de **Macapá** (Estado do Amapá, Região Norte), **Imperatriz** (Estado do Maranhão, Região Nordeste), **Jataí** (Estado de Goiás, Região Centro-Oeste) e **Itapetininga** (Estado de São Paulo, Região Sudeste).

Fonte: (GOOGLE,2001)

**Tabela 1. Coordenadas de latitude e de longitude das cidades participantes.**

CIDADE	LATITUDE	LONGITUDE
Macapá	0° 2' 4" Norte 51°	51° 3' 60" Oeste
Imperatriz	5° 31' 32" Sul	47° 28' 37" Oeste
Jataí	17° 52' 33" Sul	51° 43' 17" Oeste
Itapetininga	23° 35' 40" Sul	48° 3' 14" Oeste

O Experimento de Eratóstenes consiste em medir o ângulo de incidência dos raios solares em dois pontos separados ao longo do mesmo meridiano, em determinadas épocas do ano e, determinando-se a diferença entre estes ângulos e a distância entre os pontos, estimar o comprimento da circunferência terrestre (C) (Ellinogermaniiki Agogi, 2022).

A metodologia usada neste trabalho consistiu nas seguintes ações:

I – Com a definição das cidades participantes o primeiro passo foi definição do horário exato do meio-dia de cada localidade, o qual foi obtido com o auxílio da plataforma de domínio público *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Noaa, 1972).

II – Seguindo o procedimento desenvolvido por Eratóstenes, utilizamos hastes de aproximadamente 1 metro comprimento fincadas verticalmente no chão (orientamos a utilização de fios de prumo presos as hastes para garantir que estejam na vertical durante toda a medida), medimos a sombra (S) da haste durante o meio-dia local, conforme descrito na Figura 4. Em algumas localidades, não foi possível a obtenção de sombra da haste ao meio-dia devido à obstrução dos raios solares por nuvens locais. Considerando que isto poderia ocorrer, adotamos o procedimento de medir sombras das hastes em intervalos de 10 minutos em um período entre 30 minutos antes e 30 minutos depois do meio-dia local, permitindo, assim, por extrapolação, encontrar a sombra ao meio-dia (o momento de menor sombra da haste). De acordo com a configuração descrita na Figura 4, conhecendo-se o valor de **S** e do comprimento da haste (**H**), o ângulo (**a**) foi calculado usando-se da seguinte relação trigonométrica:

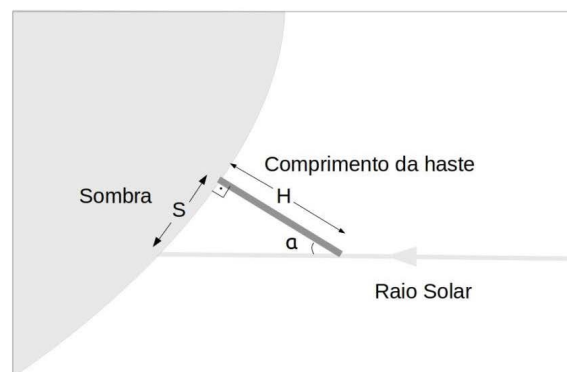
$$a = \arctan\left(\frac{S}{H}\right) \quad a = \arctan\left(\frac{S}{H}\right) \quad (3)$$

Na determinação do ângulo central entre duas localidades de medida (pareamento de dados), consideramos que o ângulo **a** medido corresponde à separação angular entre duas localidades, sendo uma delas na latitude correspondente onde os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície no determinado momento da medida, conforme a configuração original usada por Eratóstenes (Figura 1).

III – Conforme já discutido anteriormente, é preciso determinar a distância (**d**) entre duas cidades, medida essa que representa o comprimento do arco que une ambas as localidades. Outra questão a ser considerada é o fato de que as 04 cidades participantes não estão, especificamente,

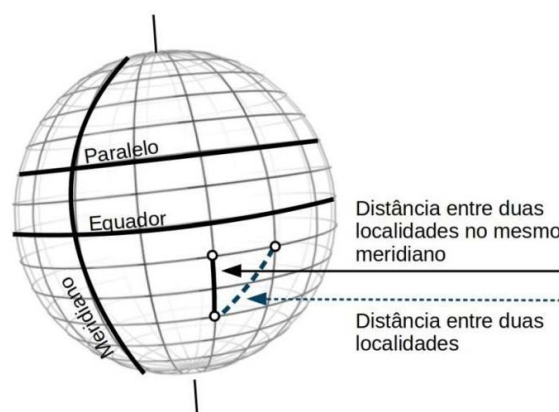
no mesmo meridiano (ver Figura 3). Desse modo, as distâncias entre elas foram obtidas pela projeção da atual distância em direção ao mesmo meridiano, conforme descrito na Figura 5. O valor de  $d$  para cada pareamento de cidades foi obtido com o auxílio da plataforma Google Earth (GOOGLE, 2001);

IV – Por fim, realizando-se o pareamento de dados entre duas localidades, de posse dos valores da separação angular  $\alpha$  e da distância  $d$  entre ambas as cidades, o cálculo do valor da circunferência terrestre ( $C$ ) foi obtido usando-se a da equação 1, com a apresentação e comparação dos dados obtidos e discussão sobre os fatores que contribuíram para erro percentual obtido em comparação com o valor padrão  $C = 2\pi R_T = 40.075 \text{ km}$  (com referência ao valor do raio equatorial da Terra  $R_T = 6.378 \text{ km}$  (Luzum, 2011)).



**Figura 4** - Configuração da montagem Experimento de Eratóstenes. O ângulo ( $\alpha$ ) entre a haste vertical e o raio de luz solar pode ser calculado quando os comprimentos da haste e da sombra produzida são conhecidos

Fonte: Autores



**Figura 5** - Para o caso de duas instituições/cidades colaboradoras localizadas em meridianos diferentes, as distâncias entre elas são obtidas pela projeção da atual distância em direção ao mesmo meridiano, usando da plataforma Google Earth (GOOGLE, 2001).

Fonte: Autores



## 4. Resultados e Discussão

Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos durante a realização do experimento. Esses são valores médios obtidos pelo grupo de trabalho das quatro instituições participantes. Conforme acompanhavam a atividade, pelo Youtube (Astronomiaufj, 2020), estudantes e docentes trabalhavam na aquisição de seus próprios dados, seguindo as recomendações da coordenação da atividade. Na medida em que os dados experimentais eram obtidos pelo grupo de trabalho, os mesmos eram compartilhados on-line, seguido pela análise, comparação e discussão com os participantes.

Na obtenção de dados e cálculos realizados, recorremos à Estatística para a obtenção do melhor valor possível. Os parâmetros estatísticos associados a um conjunto de  $N$  medidas obtidas da repetição de um mesmo mensurável permite determinar um valor médio de um conjunto dessas  $N$  medidas, bem como o desvio padrão que serve para indicar a incerteza da média (Vuolo, 1996).

Na Tabela 2(a), são apresentados resultados do experimento reproduzido no solstício de verão de 2020, onde é possível verificar que em Imperatriz não foi possível a aquisição do ângulo  $\alpha$  devido a condições de céu nublado durante todo período. Apesar desta situação, algo que realmente poderia ocorrer devido às características climáticas do Brasil, acreditamos que a participação da comunidade escolar coordenada pela equipe do IFMA/Campus de Imperatriz foi de grande aproveitamento. Na análise dos resultados, pelo valor do ângulo  $\alpha = 0^\circ$  obtido em Itapetininga, os estudantes puderam comprovar que, no solstício de verão, os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície localizada na linha imaginária dos Trópicos. Como já citado, no solstício o movimento aparente do Sol, através da abóbada celeste, atinge a máxima declinação angular em latitude, medida a partir do equador celeste (ver Figura 2(a)). É de conhecimento geral que a Terra gira ao redor de si mesma em torno de um eixo que guarda uma inclinação axial de cerca de  $23,5^\circ$  com relação à perpendicular ao plano de sua órbita solar (Nogueira, 2009). Portanto, o valor de  $\alpha = 24,5^\circ$  obtido em Macapá permitiu estimar o valor do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra com uma boa aproximação, diferença de apenas 4% em relação ao valor padrão atualmente aceito. Na Figura 6(a), apresentamos o resultado do cálculo da circunferência da Terra obtido pelo pareamento de resultados experimentais de Macapá com Itapetininga, aplicando-se a equação 1.

**Tabela 2. Valores médios obtidos pelas instituições participantes.**

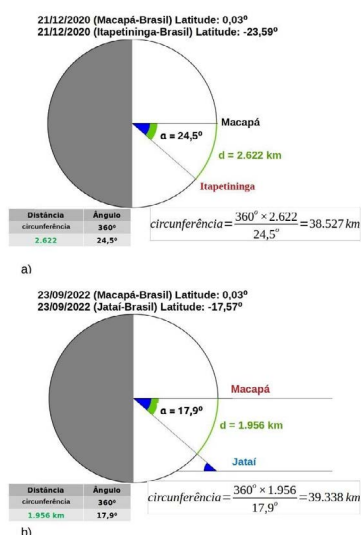
a) Solstício de verão de 2020

Instituição/Localização	ÂNGULO $\alpha$ (°)
IFAP/ Macapá (AP)	24,5
IFMA/ Imperatriz (MA)	-
UFJ/ Jataí (GO)	5,7
Centauri/ Itapetininga (SP)	0

b) Equinócio da primavera de 2022

Instituição/Localização	ÂNGULO $\alpha$ (°)
IFAP/ Macapá (AP)	0
IFMA/ Imperatriz (MA)	5,49
UFJ/ Jataí (GO)	17,9
Centauri/ Itapetininga (SP)	22,3

Conforme análise da Tabela 2(b), o valor de  $\alpha = 0^\circ$  obtido em Macapá permitiu a comunidade escolar comprovar que no equinócio os raios solares incidem perpendicularmente a uma superfície localizada no Equador Terrestre. Seguindo o mesmo raciocínio, os valores do ângulo  $\alpha$  obtidos para as outras cidades caracterizam a medida aproximada das latitudes locais, conforme comparação com a Tabela 1. Na Figura 6(b), apresentamos o melhor resultado obtido para o cálculo da circunferência da Terra, pelo pareamento de resultados experimentais de Jataí com Macapá.



**Figura 6** - Cálculos do valor da circunferência da Terra, obtidos pelo pareamento de dados de: a) Macapá com Itapetininga (erro percentual de 3,8% em relação ao valor padrão) e b) Jataí com Macapá (erro percentual de 1,8% em relação ao valor padrão). Valor padrão  $C = 40.075 \text{ km}$  (Luzum, 2011).

Fonte: Autores

## 5. Conclusões

A abordagem de investigação guiada, descrita neste trabalho, ofereceu uma oportunidade única de apresentar aos estudantes uma discussão sobre medidas científicas, analisando-se os erros envolvidos e sobre a própria natureza da ciência. Conforme Allchin (2012), abordagens de investigação guiadas podem funcionar como meios mais adequados para a introdução da metodologia científica no ambiente escolar.

A reprodução de experimentos científicos possui certa importância didático-pedagógica, pois podem ser utilizados por educadores do ensino fundamental – anos finais e ensino médio como elemento motivador, além da relevância histórica, uma vez que podemos lembrar os feitos de grandes astrônomos, seus esforços e criatividade para desvendar os mistérios do nosso universo com os recursos limitados à época.

De forma geral, acreditamos que a reprodução do experimento de Eratóstenes permitiu uma importante integração entre instituições públicas de ensino de diferentes regiões do Brasil. A comunidade que acompanhou e participou da atividade, seja de forma on-line ou presencial, pôde vivenciar um trabalho de cooperação escolar pela atividade conjunta e troca de experiências. A abordagem descrita neste trabalho permitiu a cooperação escolar em um nível mais avançado, pela reprodução de uma atividade experimental ao ar livre e de forma simultânea em diferentes localidades, seguindo métodos e procedimentos comuns e a partilha de resultados para um alvo comum. A promoção da ideia de engajamento virtual entre instituições de ensino é algo que possibilita integrar, sem sair da localidade, comunidades escolares em atividades significativas, relacionadas ao currículo escolar. A cooperação efetiva entre os estudantes promove o alcance de melhores níveis de desempenho em comparação com as abordagens escolares convencionais, nas quais os esforços competitivos ou individualistas são frequentes.

---

### Agradecimentos

Agradecemos a participação dos estudantes e docentes das escolas Frei Manoel Procópio e Escola João Silva (Imperatriz, Maranhão), e Escola Romualda de Barros (Jataí, Goiás).

---

## Referências

- ALLCHIN D. Teaching the Nature of Science through Scientific Error. **Science Education** v. 96, no 5, p. 904–926, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/scce.21019>. Acesso em:abr. 2023.
- ÁVILA, G. S. S. **Várias Faces da Matemática**: Tópicos para Licenciatura e Leitura Geral. 1a Ed. São Paulo: Blucher, 2007.
- ASTRONOMIAUFJ. Experimento de Eratóstenes 21 de dezembro 2020. YouTube, 21 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uiCU74mYolA>. Acesso em maio de 2023.
- BEDAQUE, P.; BRETONES, P. S. O Sol está sempre a pino ao meio-dia? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190025-e20190025-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0025>. Acesso em abr. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.
- ELLINOGERMANIKI AGOGI. The Eratosthenes Experiment, R&D Department, Pallini, Athens, Greece. Disponível em: <https://eratosthenes.ea.gr>. Acesso em abr. 2023.
- GOOGLE (2001). **Google Earth website**. Disponível em: [www.google.com/earth](http://www.google.com/earth). Acesso em nov. 2023.
- JOHNSON, D.W.; JOHNSON, F. Joining together: **Group theory and group skills**. 10th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2009.
- LUZUM, B. . The IAU 2009 system of astronomical constants: the report of the IAU working group on numerical standards for fundamental Astronomy. **Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy**, v. 110, no 4, p. 293-304, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10569-011-9352-4>. Acesso em abr. 2023.
- LYRA, W. . Ad Astra Academy: using space exploration to promote student learning and motivation in the City of God, Rio de Janeiro, Brazil. **Communicating Astronomy with the Public (CAP) Journal**, v.27, p. 5-13, 2020.Disponívelem: [https://www.capjournal.org/issues/27/27\\_05.pdf](https://www.capjournal.org/issues/27/27_05.pdf). Acesso em abr. 2023.
- NETO, G. B. L., R. **Astronomia de Posição**. Versão 03/02/2023. São Paulo: Notas de Aula, IAG/USP, 2023. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/AstroPosicao/Curso20%2023.pdf>. Acesso em abr. 2023.

NOAA (1972). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). NOAA Solar Calculator: Find Sunrise, Sunset, Solar Noon and Solar Position for Any Place on Earth. Disponível em: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>. Acesso em abr. 2023.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. Astronomia: ensino fundamental e médio. **Coleção Explorando o Ensino**. Brasília: MEC, SEB ; MCT ; AEB, 2009. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=4232-colecaoexplorandoensino-vol11&category\\_slug=marco-2010-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=4232-colecaoexplorandoensino-vol11&category_slug=marco-2010-pdf&Itemid=30192). Acesso em abr. 2023.

ROLLER, D. W. **Eratosthenes' Geography**. Fragments collected and translated. Princeton: Princeton University Press, 2010.

SOTIRIOU, S. A.; BOGNER, F. X. A 2200-Year Old Inquiry-Based, **Hands-On Experiment in Today's Science Classrooms**. World Journal of Education, v. 5, no 2, p. 52, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5430/wje.v5n2p52>. Acesso em abr. 2023.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da Teoria de Erros**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

## Sobre o autor

### Alessandro Martins

Professor do curso de Física da Universidade Federal de Jataí (UFJ), Goiás, Brasil. Coordenador do projeto de divulgação científica Astronomia UFJ. Doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP).

e-mail: alexm@ufj.edu.br

### Thiago Oliveira Lima

Licenciado em Física e Mestre em Educação pela Universidade Federal de Jataí (UFJ), Goiás, Brasil.

e-mail: thiagojti@ufj.edu.br

### Rivelino Cunha Vilela

Professor do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Campus Imperatriz, Maranhão, Brasil. Desenvolve pesquisa em ensino de Ciências da Natureza e Matemática. Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

e-mail: rivelino@ifma.edu.br

## **Alexandre Maciel Matos**

Professor do ensino médio em Macapá, Amapá.  
Licenciado em Física pelo Instituto Federal do Amapá (IFAP).  
e-mail: [alematos1994@hotmail.com](mailto:alematos1994@hotmail.com)

## **Rodrigo Felipe Raffa**

Professor da Educação Básica no Serviço Social da Indústria de São Paulo (SESI-SP) e membro do Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga, São Paulo, Brasil. Licenciado em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).  
e-mail: [rodrigoraffa.fisica@gmail.com](mailto:rodrigoraffa.fisica@gmail.com)