

RELÓGIO DE SOL COMO PROPOSTA DIDÁTICA PARA A OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA NO CÉU DIURNO COM O AUXÍLIO DA IMPRESSÃO 3D

SUNDIAL AS A DIDACTIC PROPOSAL FOR ASTRONOMICAL OBSERVATION IN THE DAYTIME SKY WITH THE AID OF 3D PRINTING

Arão Santos¹, Vitória Santos², Luís Piassa³, Pedro Medeiros⁴,
Marcos Cesar Danhoni Neves⁵

1 Universidade Estadual de Maringá, araovictorr@gmail.com

2 Universidade Estadual de Maringá, vitoriafabio@hotmail.com

3 Universidade Estadual de Maringá, ra141455@uem.br

4 Universidade Estadual de Maringá, ra129318@uem.br

5 Universidade Estadual de Maringá, mcdneves@uem.br

Resumo: O presente artigo apresenta três tipos de relógios solares. Estes relógios foram confeccionados utilizando impressora 3D, montados e calibrados. O trabalho discute os resultados obtidos, as margens de erro, as dificuldades de montagem e os diferentes temas científicos que podem ser abordados na utilização do relógio solar. Ressalta ainda a importância de utilizar não somente os relógios solares em si, mas, sobretudo, o uso de diferentes metodologias para um ensino criativo de ciências.

Palavras-chave: Relógio de sol; Relógio solar horizontal; Relógio solar tipo-digital; Impressão 3d; Relógio Equatorial

Abstract: This article looks at the operation of three types of sundial. These clocks were made using a 3D printer, assembled and calibrated. The paper discusses the results obtained, the margins of error, the difficulties of assembly and the different scientific themes that can be discussed when using the sundial. It also highlights the importance of not only using sundials, but also of using different methods to a creative science teaching.

Keywords: Sundial; Horizontal sundial; Digital-like sundial ; 3d printing; Equatorial Sundial

INTRODUÇÃO

A marcação do tempo sempre foi uma das primeiras necessidades da civilização humana, diretamente ligada à organização das atividades sociais, econômicas e culturais. Dentre os instrumentos desenvolvidos ao longo da história para essa finalidade, o relógio solar destaca-se não apenas como um artefato funcional, mas também como um dos marcos inaugurais do pensamento astronômico. A observação da trajetória solar e a projeção de sombras para medir o tempo permitiram que os primeiros povos pudessem estabelecer relações entre o movimento do Sol com os ciclos naturais, como os dias, as estações do ano e os períodos agrícolas.

Com o tempo, estes dispositivos foram sendo aprimorados, incorporando conhecimentos geométricos e astronômicos cada vez mais complexos, sobretudo com o desenvolvimento da trigonometria na antiguidade clássica. Essa sofisticação técnica transformou o relógio solar em uma ferramenta de extrema precisão; não apenas de indicar as horas, mas também de registrar variações sazonais, definir latitudes e até mesmo orientar construções arquitetônicas em consonância com a insolação e o conforto térmico.

Além de sua relevância científica e histórica, os relógios solares exercem também um papel significativo no campo educacional. Sua utilização em práticas pedagógicas proporciona uma vivência concreta de conceitos abstratos, favorecendo uma abordagem interdisciplinar que articula saberes da Matemática, Geografia, Ciências e Física. Atividades envolvendo a construção e o uso desses instrumentos estimulam a aprendizagem significativa, na medida em que promovem o diálogo entre teoria e prática, despertando o interesse dos estudantes pela observação astronômica e pelos fenômenos naturais que nos cercam.

No presente trabalho será apresentado o processo de construção de três modelos desenvolvidos por meio da impressão 3D, sua calibração, teste e as discussões que cercam o funcionamento de cada um deles. A proposta objetivou evidenciar o potencial didático desses instrumentos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os relógios solares apresentam grande diversidade de formas e princípios de funcionamento, resultado de séculos de observação astronômica, avanços matemáticos e adaptações às diferentes condições geográficas. Embora todos se baseiam na projeção da sombra do gnômon (haste que indica a hora a partir da posição do Sol), cada tipo de relógio adota uma geometria específica para refletir a rotação aparente da Terra com maior precisão em determinada localidade.

O relógio solar horizontal (figura 1), cuja base está nivelada com o solo, o gnômon deve estar inclinado de modo a formar um ângulo igual àquele da latitude local com sua extremidade apontando para a direção do polo sul elevado para o hemisfério sul ou para o polo norte elevado quando no hemisfério norte. Esse alinhamento é fundamental para o correto funcionamento do relógio, pois garante que a sombra se movimente de maneira coerente com o percurso do horário indicado nas linhas horárias demarcadas. A construção desse tipo de relógio envolve não apenas o ajuste preciso da inclinação do gnômon, mas também o seu correto alinhamento na direção norte-sul. O traçado das linhas horárias deve ser feito de acordo com a latitude

local, pois os ângulos entre as linhas dependem dessa coordenada geográfica. No caso desse relógio horizontal, muitas vezes chamados de “relógios solares de praças”, a escala horária pode ser obtida a partir do rebatimento das linhas horárias de um relógio inclinante (equatorial). Vale destacar que um relógio solar indica a hora solar verdadeira, independentemente da longitude ou do fuso horário. Para obter a hora legal é necessário aplicar correções relacionadas à longitude, ao fuso e à “equação do tempo”, que considera as variações sazonais da duração do dia solar verdadeiro em relação ao sol médio.



Figura 1: Relógio Solar Horizontal. Fonte: elaborado pelos autores.

Por sua vez, o relógio equatorial (figura 2) é um instrumento solar que simula de maneira didática e funcional como a estrutura da esfera celeste. Seu eixo principal é orientado na direção Sul-Norte e inclinado conforme a latitude do local onde se encontra, ele representa o próprio eixo de rotação da terra, sendo fundamental para o correto funcionamento do marcador. Perpendicularmente ao eixo está posicionado o mostrador, a sua superfície é paralela ao plano do Equador celeste e sobre ela é indicado as linhas horárias igualmente espaçadas em um ângulo de 15° graus, correspondentes a uma hora de rotação da terra.

Dessa forma, a partir da sombra projetada pelo gnômon é possível ser feita a leitura dos horários. O relógio possui dois semicírculos sendo, um voltado para o Hemisfério Sul celeste chamado de mostrador austral, utilizado durante a primavera e no verão, enquanto o outro é voltado para o Hemisfério Norte celeste, chamado de mostrador boreal que é usado nas estações de outono e inverno. Esse modelo é de fácil calibração, bastando alinhar corretamente seu plano com o equador celeste e ajustar a inclinação no eixo de acordo com a latitude local.



Figura 2: Relógio Solar Equatorial. Fonte: INPE, 2025.

RESULTADOS

Foram construídos e analisados três modelos distintos de relógios solares por meio de impressão 3D: o relógio horizontal, o relógio equatorial e o relógio solar digital do tipo Mojoptix, que foge do convencional e usa os feixes de luz para transmitir os dígitos numéricos lembrando as horas lidas num relógio digital. Cada um dos modelos apresentou particularidades no processo de montagem, calibração e desempenho, possibilitando uma análise comparativa tanto do ponto de vista técnico quanto do potencial didático que cada um oferece para aplicações futuras em ambientes educacionais.

A calibração do relógio solar horizontal (figura 3) demandou atenção especial ao alinhamento do gnômon, que precisou ser inclinado em um ângulo igual à latitude local. Essa inclinação foi determinada previamente, e o ajuste físico foi realizado com auxílio de instrumentos simples, como transferidor e régua. A orientação do relógio foi feita utilizando a indicação do Norte magnético através de uma bússola convencional, com a devida correção da declinação magnética da região. Como forma de validação complementar, também foi feita uma verificação com base na observação da sombra ao meio-dia solar verdadeiro, quando o Sol atinge seu ponto mais alto no céu. A fixação do gnômon e da base do relógio exigiu cuidado, considerando que qualquer desalinhamento, mesmo que pequeno, poderia comprometer a leitura correta das horas.



Figura 3: Relógio Solar Horizontal. Fonte: elaborada pelos autores.

O relógio equatorial (figura 4), por sua vez, apresentou um desafio construtivo distinto. Diferente do modelo horizontal, o plano do mostrador deste relógio foi inclinado de modo que ficasse paralelo ao plano do equador celeste. Na prática, isso significou inclinar o mostrador em um ângulo igual à latitude local, de forma que o gnômon permaneça perpendicular ao mostrador e aponte diretamente para o polo celeste sul. A orientação espacial também foi realizada com o auxílio de uma bússola, garantindo que o gnômon estivesse perfeitamente alinhado com o eixo de rotação da Terra. A vantagem dessa configuração é que as linhas horárias no mostrador equatorial mantêm um espaçamento angular uniforme, o que facilita a leitura direta da Hora Solar. A montagem exigiu precisão na fixação da base e na angulação do mostrador para evitar distorções nas projeções de sombra ao longo do dia.



Figura 4: Relógio Solar equatorial. Fonte: TROGELLO, 2025.

Por se tratar de um dispositivo que projeta as horas no formato numérico através de feixes de luz solar passando por canais internos cuidadosamente dimensionados, o relógio solar digital de Mojoptix (figura 5), tem um alinhamento espacial que se mostrou um dos pontos mais críticos. A base do relógio foi nivelada com o auxílio de um nível de bolha, assegurando que a estrutura estivesse perfeitamente horizontal. Em seguida, foi realizado o ajuste direcional para o Norte Verdadeiro, utilizando novamente a bússola com correção de declinação. O projeto do Mojoptix, devido à sua complexidade geométrica interna, tornou evidente a necessidade de alta precisão na impressão 3D, pois pequenas imperfeições nos canais podem resultar na distorção ou ausência de projeção dos números.



Figura 5: Relógio Solar Digital. Fonte: elaborada pelos autores.

Durante os testes realizados com os três modelos, observou-se que, tanto o horizontal quanto o equatorial, apresentaram desempenhos semelhantes em termos de precisão. Em ambos, a diferença entre o tempo indicado e a hora legal foi, em média, de 10 a 15 minutos, similar às variações esperadas pela “equação do tempo”. Vale ressaltar que os relógios de sol indicam o tempo solar verdadeiro, essa diferença ocorre pela ausência de ajustes para converter esse valor para o horário oficial, o que requer considerar a longitude, o fuso horário e a equação do tempo. Além disso, fatores como a resolução da impressão 3D, pequenas imprecisões na montagem e as

limitações naturais de instrumentos solares não profissionais também contribuíram para as variações. Por sua vez, o relógio digital de Mojoptix apresentou um desvio maior, com diferença médias entre 25 e 30 minutos em relação à hora legal, resultado esperado diante da maior complexidade de calibração e do alto grau de precisão exigido na fabricação de suas estruturas internas. Comparando os três modelos, alguns pontos fortes e limitações se destacam.

O relógio horizontal mostrou-se o mais simples em termos de montagem e de interpretação de leitura, o que o torna uma excelente opção para introdução de conceitos básicos de Astronomia, como o movimento aparente do Sol, latitude e orientação geográfica. Seu formato plano facilita a visualização das linhas horárias e permite a realização de experimentos rápidos de campo com baixo custo de produção. O relógio equatorial, por sua vez, apresentou como principal vantagem a uniformidade das divisões horárias no mostrador, o que pode auxiliar na compreensão da geometria celeste e dos movimentos da Terra em torno de seu eixo. Sua montagem, embora um pouco mais complexa, reforça a importância do entendimento prévio de conceitos astronômicos como o equador celeste e o eixo de rotação terrestre, abrindo possibilidades para discussões mais aprofundadas em sala de aula.

O relógio solar digital de Mojoptix, apesar das limitações de precisão, apresentou um enorme potencial em termos de engajamento visual e tecnológico. O formato numérico das horas, semelhante ao de relógios eletrônicos modernos, facilita a associação com o conceito de medição do tempo e pode servir como porta de entrada para discussões mais avançadas sobre óptica, design paramétrico e fabricação digital. Sua construção também oferece uma oportunidade interdisciplinar, envolvendo conceitos de matemática aplicada e modelagem computacional.

CONCLUSÃO

Os relógios solares são mais do que simples instrumentos de medição do tempo, eles representaram um divisor de águas na história da ciência e da civilização humana. Seu uso milenar impulsionou avanços em diversas áreas do conhecimento, como a astronomia, a matemática, a cartografia e até mesmo a arquitetura. Estes dispositivos permitiram que as sociedades organizassem suas atividades cotidianas de forma organizada com os ciclos naturais, tornando possível o desenvolvimento dos primeiros calendários, a definição de horas canônicas e a observação sistemática dos fenômenos celestes.

O trabalho propõe o uso desses relógios para instigar a curiosidade entre os alunos, além de abordar conteúdos interdisciplinares, como a relação entre o movimento da Terra, a posição do Sol, a geometria, geologia, magnetismo e os fusos horários. Sua produção se mostrou de fácil reprodução e traz consigo o potencial de mudar a forma que alguns conteúdos são abordados em sala de aula. A futura implementação desses instrumentos em atividades pedagógicas promete não apenas enriquecer o ensino de Ciências, mas também estimular a curiosidade, a investigação e o pensamento crítico entre os estudantes.

Do ponto de vista educacional, os três modelos oferecem possibilidades distintas e complementares. O horizontal e o equatorial são ideais para o ensino dos fundamentos da Astronomia e da orientação solar, com aplicações práticas em atividades ao ar livre. Já o Mojoptix se destaca como uma ferramenta de aproximação

entre a ciência tradicional e a tecnologia moderna , favorecendo o interesse por temas relacionados à fabricação digital, à engenharia de precisão e ao design. O potencial didático dos relógios solares, portanto, vai além da simples leitura do tempo. Eles se configuram como instrumentos valiosos para o desenvolvimento de habilidades como raciocínio espacial, interpretação de fenômenos naturais, aplicação de conceitos matemáticos e compreensão da relação entre a Terra e o movimento aparente do Sol no céu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9PERCENT. **Sundial. Printables**, 2025. Disponível em:
<https://www.printables.com/model/970176-sundial>. Acesso em: 9 jun. 2025.

BORGES, F.; SANTOS, T.; DO NASCIMENTO, X. **Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades**. In: RELÓGIO SOLAR DAS CAPITAIS BRASILEIRAS: UMA ATIVIDADE INTERDISCIPLINAR COM O FUNDAMENTAL Resumo.[s.l:s.n.].Disponível em:
<https://www.sbem brasil.org.br/enem2016/anais/pdf/4588_2282_ID.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2025.

FERREIRA, M.; HICKEL, G. Sundials as a teaching tool to understand time, calendar, seasons and Earth orbit. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 16–17, [s.d.].

INPE. **Relógio de Sol do INPE**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/engenharia-e-ciencias-espaciais/cgce/ciencia-espacial/astrofisica/mais-sobre-astronomia-1/relogio-de-sol-do-inpe>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

LEOFRAN, H-S.. **The History of Time: A Very Short Introduction**. [s.l.] OUP Oxford, 2005.

MOJOPTIX. **Digital Sundial**. Thingiverse, 2015. Disponível em:
<https://www.thingiverse.com/thing:1068443>. Acesso em: 9 jun. 2025.

MOJOPTIX. Mojoptix 001 – **Digital Sundial**. Disponível em:
<http://www.mojoptix.com/2015/10/25/mojoptix-001-digital-sundial>. Acesso em: 9 jun. 2025.

ROHR, J. **Sundials: History, Theory and Practice.** [s.l: s.n.].

ROVŠEK, B. Calibration of a Horizontal Sundial. **The Physics Teacher**, v. 48, n. 6, p. 397–400, set. 2010.

STEBBINS, Gary. **Square Sundial. Printables**, 2025. Disponível em: <https://www.printables.com/model/198225-square-sundial>. Acesso em: 9 jun. 2025.

STONEHENGE. **Egyptian StonEhEngE.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://stardate.org/wp-content/uploads/2023/07/EquatorialSundial.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

TROGELLO, A. **Modelos didáticos: Relógio Solar - Relógio Solar Equatorial Universal em MDF 3mm.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MCL3WVBmfhM>. Acesso em: 3 jun. 2025.