

# Observação astronômica do Sol como recurso didático



Jorge Fonte<sup>1,4</sup> , Jorge Gameiro<sup>2,4#</sup> , Paulo Simeão Carvalho<sup>1,2,3</sup> , Filipe Pires<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Física de Materiais Avançados, Nanotecnologia e Fotônica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

## Palavras-chave

atividade solar  
processamento de imagem  
manchas solares  
experimentação  
metodologia de projeto

## Resumo

O Sol, a estrela mais próxima da Terra, oferece oportunidades de experimentação para o estudo de fenômenos estelares, como as manchas solares. Este projeto educativo visa conscientizar os estudantes, entre 14 e 17 anos, sobre esses fenômenos e sua influência na Terra. Usando uma abordagem de projeto e equipamentos de baixo custo, os participantes coletam e processam dados para obter resultados científicos, compreendendo melhor a dinâmica solar e sua importância para a vida na Terra.

## 1. Introdução.

O Sol é vital para a existência da vida na Terra, podendo afetar o clima, como observado em períodos de baixa atividade solar que coincidem com invernos rigorosos [1, 2]. O estudo do Sol e de outras estrelas pode também ajudar a prever potenciais ameaças vindas do espaço [3]. Se, por um lado, a energia vinda do Sol é fonte vital que sustenta a vida na Terra [4], por outro, erupções solares causam tempestades magnéticas que podem prejudicar infraestruturas tecnológicas [5, 6].

O estudo do Sol é crucial para a compreensão da evolução estelar.

Uma pesquisa de 2020 analisou zonas ativas da atmosfera solar, quantificando os campos magnéticos coronais acima das manchas solares, o que pode ser útil no diagnóstico de manchas em estrelas e na relação entre a atividade solar intensa e o início da vida na Terra [1, 7]. A detecção de planetas na zona habitável em estrelas jovens tem auxiliado na investigação da origem e do desenvolvimento da vida no Universo. Além disso, o investimento em telescópios e satélites de observação solar, como o Telescópio Espacial James Webb (JWST<sup>1</sup>), é fundamental para coletar dados sobre estrelas distantes e identificar aquelas

**Cuidado! Observar o Sol sem proteção é extremamente perigoso e pode causar lesões irreversíveis na retina**

# Autor de correspondência. E-mail: [jsgameir@fc.up.pt](mailto:jsgameir@fc.up.pt).

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Copyright © 2025, Copyright by Sociedade Brasileira de Física. Printed in Brazil.

com atividade propensa à vida, podendo orientar futuras missões espaciais [1]. Os satélites de observação solar também proporcionam imagens detalhadas da superfície do Sol, impossíveis de se obter em outras estrelas. Missões espaciais, como a SOHO,<sup>2</sup> lançada em 1995, um projeto de cooperação internacional da ESA<sup>3</sup> e da NASA<sup>4</sup> para estudar o Sol e o vento solar; a SDO,<sup>5</sup> uma sonda não-tripulada da NASA que estuda processos do Sol que afetam diretamente a vida na Terra, lançada em fevereiro de 2010, e o laboratório solar Aditya-L1, lançado pela agência espacial da Índia em 2023, para observar as camadas externas do Sol, têm ampliado a compreensão da atividade solar pelos cientistas.

Apesar de ser a estrela mais estudada, muitas informações sobre o Sol não são conhecidas pelo público. O apoio e o interesse da população são essenciais para a continuidade dos projetos, dado o esforço financeiro necessário para esses estudos [8]. Por outro lado, a observação astronômica do Sol contribui para o aprendizado de conceitos importantes em astronomia e promove a literacia científica [9, 10]. Para o público escolar, as atividades dependem de recursos didáticos como telescópios e formação de professores e costumam ser limitadas ao período diurno [9]. Essas atividades geralmente abordam o movimento anual do Sol sob uma perspectiva geocêntrica, a criação de planetários em escala, o uso de softwares de simulação do Sistema Solar e experimentos em clubes de astronomia [9]. Tendo como tema o Sol, várias entidades internacionais elaboraram protocolos de atividades: O NSO<sup>6</sup> lançou um guia curricular sobre o Sol e as estrelas para alunos entre o 6º e o 8º anos (11 e 13 anos), constituído por seis lições visando a história da astronomia, o Sol e a vida na Terra, a emissão de radiação pelo Sol, os fenômenos energéticos que ocorrem em sua superfície, os efeitos da atividade solar na Terra e a determinação do período de rotação médio do Sol [11]. A ESA, no âmbito do programa CESAR,<sup>7</sup> lançou uma iniciativa educativa para envolver os alunos do ensino secundário com a astronomia, a ciência e a tecnologia, bem como um guia para professores denominado *Tracking sunspots*, para explorar a radiação solar estudando seu espectro e o período de rotação solar. Muitas dessas atividades remetem para o recurso à galeria de imagens do SOHO ou do site GONG do NSO.<sup>8</sup>

A utilização de montagens com telescópios e câmeras CCD<sup>9</sup> ou CMOS<sup>10</sup> para a realização de atividades é rara, exceto na detecção do trânsito de um planeta [12] e na obtenção de imagens do Sol [13]. Adotando uma perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade, é essencial implementar um estudo em que os alunos vi-

**As manchas são áreas mais escuras e frias na superfície do Sol**

**Períodos de baixa atividade solar coincidem com invernos rigorosos, e erupções solares causam tempestades magnéticas que podem prejudicar infraestruturas tecnológicas**

venciem as etapas de problematização, coleta e processamento de dados para responder às questões da investigação. No estudo descrito, os participantes observaram o Sol e capturaram imagens com uma câmera CMOS acoplada a um telescópio, processando-as com software específico. Eles mediram a posição das manchas solares em diferentes momentos e determinaram o período de rotação em várias latitudes. As imagens do SOHO [14] e os dados sobre a atividade solar [15] foram usados como referência para comparação dos

resultados. O projeto seguiu um modelo participativo, desde a coleta de dados até a obtenção dos resultados finais. A atividade visou contribuir para a divulgação da astronomia nas escolas, utilizando descrições individuais e entrevistas semiestruturadas para avaliar a participação dos alunos em estudos descritivos [16].

## **2. Manchas solares - descoberta, causas e consequências.**

Os primeiros registros de atividade solar remontam à China antiga, entre 800 e 1000 a.C. [2, 17], mas foi Galileu o primeiro a observar o Sol com telescópio [17] e quem primeiro desenhou regularmente as manchas solares, obtendo a primeira evidência de que o Sol roda sobre si próprio [2].

A radiação que recebemos do Sol provém da fotosfera e das camadas superiores, como a cromosfera e a corona, que formam a atmosfera solar. Nessa região, para além das manchas solares, ocorrem outros efeitos observáveis com telescópios, como granulação, *flares* e proeminências. Como a rotação do Sol é diferencial (o período de rotação das manchas varia com a latitude), o campo magnético do Sol sofre distorções que originam estruturas como arcos (*coronal loops*) feitos de plasma denso, que se elevam acima da superfície da fotosfera a temperaturas superiores às das proeminências [18], podendo ejetar para o espaço matéria que chega à Terra em poucos dias. Essas emissões induzem correntes elétricas que provocam

danos significativos em componentes eletrônicos, muitas vezes de modo irreversível [2].

Na Fig. 1 estão representadas, de forma esquemática, as linhas de campo magnético (a verde) na região da base da fotosfera (região visível em que o transporte de energia é feito por radiação). O campo magnético que emerge da superfície do Sol inibe o movimento convectivo, fazendo com que a superfície permaneça mais fria e resulte nas manchas solares (Fig. 2). Essas manchas, que são áreas mais escuras da fotosfera, têm uma temperatura cerca de 1500 K inferior à da superfície restante, um diâmetro médio de cerca de 10 mil km, e podem durar de alguns dias a vários meses.

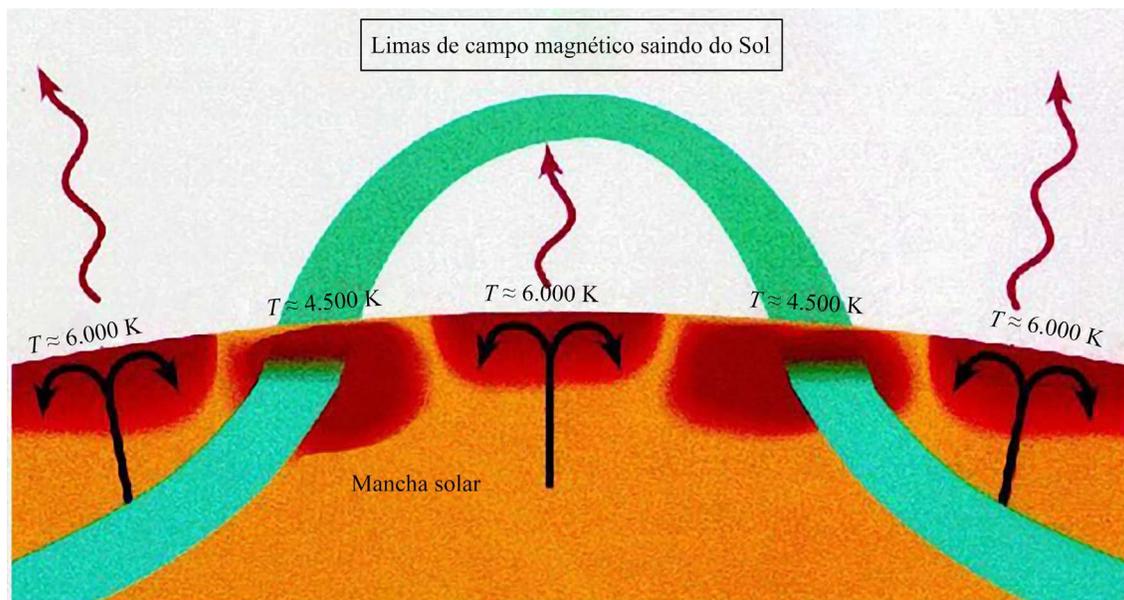


Figura 1 - Inibição da convecção pelo campo magnético. Fonte: Case Western Reserve University (adaptada). Disponível em: <http://burro.cwru.edu/Academics/Astr221/StarPhys/SunSurface/dynamo4.gif>.

A descoberta de que o Sol não roda como um corpo sólido ocorreu em 1859, quando o astrônomo Richard Carrington demonstrou que a região equatorial rodava mais rapidamente que as regiões polares [18, 19]. No equador, o período de rotação de uma mancha solar é próximo de 25 dias. A 30° do equador, esse período é cerca de 27,5 dias, a 75° aumenta para 33 dias e próximo dos polos chega aos 35 dias. As manchas solares são frequentemente precursoras de explosões solares - explosões intensas de energia na superfície do Sol -, pelo que devem ser monitoradas. Muitas explosões fortes podem dispersar a atmosfera de um planeta, tornando-o inabitável [1].

### 3. Observação astronômica do Sol

A observação do Sol pode ser feita com diferentes equipamentos, quer por projeção da luz em um alvo, quer com telescópios usando filtros. Nesta seção será

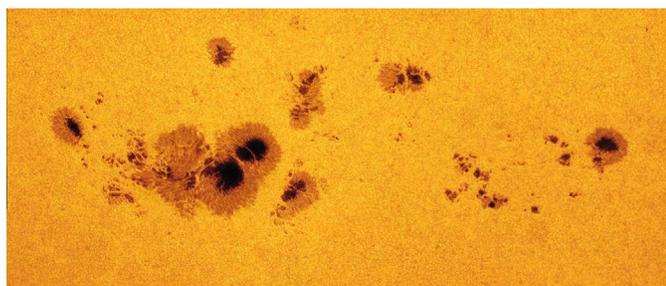


Figura 2 - Vista ampliada de manchas solares no espectro visível. Fonte: NASA\_Goddard\_Photo\_and\_Video. Disponível em: [https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Solar\\_Archipelago\\_-\\_Flickr\\_-\\_NASA\\_Goddard\\_Photo\\_and\\_Video.jpg](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Solar_Archipelago_-_Flickr_-_NASA_Goddard_Photo_and_Video.jpg).

**O uso de filtros adequados é essencial para uma observação segura**

descrito o equipamento usado nas sessões em que os participantes observaram o Sol e registraram imagens.

Observar o Sol sem proteção é extremamente perigoso e pode causar lesões irreversíveis na retina, especialmente com telescópios que aumentam a concentração dos raios luminosos [20]. Para observação direta, é essencial utilizar um filtro solar. Filtros de banda estreita, como  $H\alpha$ ,<sup>11</sup> conhecidos como PST (*personal solar telescope*, Fig. 3), permitem visualizar proeminências além do disco solar. Filtros neutros são mais eficazes para observar manchas solares. Eles devem ser colocados na boca do tubo do telescópio para evitar o aumento excessivo de temperatura. Com a adaptação de uma câmera DSLR (*digital single-lens reflex*) ao telescópio, é possível registrar as manchas solares em fotografia ou vídeo.

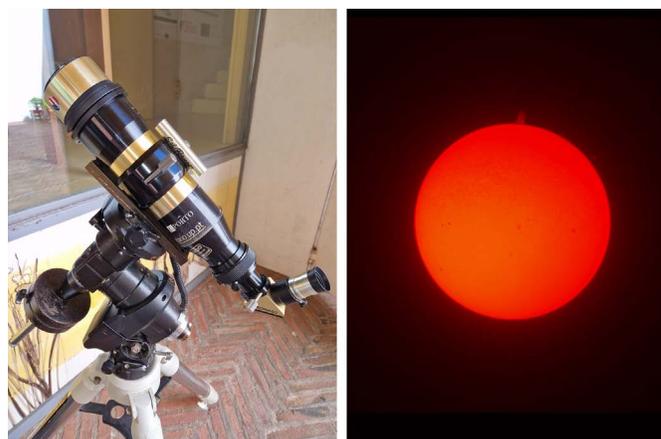


Figura 3 - PST e uma fotografia do Sol em  $H\alpha$ .

O melhor momento para registrar imagens do Sol é de manhã bem cedo, antes que a atmosfera se aqueça e se torne mais turbulenta. As fotografias tiradas do Sol são depois processadas em várias etapas, com diferentes programas, para uniformizar o brilho, selecionar as fotos com melhor qualidade e sobrepô-las de modo a obter uma imagem única, finalizando com um tratamento final para melhorar sua qualidade.

#### 4. Metodologia didática

Durante o verão de 2023, 40 estudantes participaram de observações solares no Verão em Projeto da Universidade do Porto. Divididos em 4 grupos de 10 a 12 elementos, eles usaram um Sunspotter, um telescópio com filtro de banda estreita e um PST, acompanhando a evolução das manchas solares ao longo de dias consecutivos. Essas atividades ajudaram os participantes a compreender a rotação diferencial do Sol. A atividade foi supervisionada por monitores e pesquisadores com formação em astronomia (Fig. 4).

Para uma análise mais aprofundada da dinâmica do Sol, foi usado um telescópio de 4 polegadas com uma câmera DSLR com filtro solar neutro. A obtenção de imagens da superfície do Sol durante uma semana permitiu fazer um vídeo do movimento das manchas solares ao longo do tempo. Os dados obtidos foram processados com software gratuito para obter uma imagem única do Sol em cada dia e hora, como descrito na seção a seguir.

No final, os participantes deram seu *feedback* por escrito sobre a satisfação e o interesse pela participação no projeto, o qual foi alvo de análise de conteúdo na perspectiva de Bardin [21].

#### 5. Processamento de imagens

Em cada uma das observações foram obtidas cerca de 30 fotografias. As imagens foram processadas para centralizar e uniformizar o brilho, facilitando a visualização das manchas solares. Programas como o PIPP (Planetary Imaging PreProcessor<sup>12</sup>) e o Autostakkert!3 foram usados para sobrepôr e tratar as fotos, resultando em imagens nítidas para análise posterior (Quadros A e B). Na Fig. 5 apresenta-se uma sequência de imagens: em cima estão as fotografias tiradas com a câmera DSLR, brutas, e embaixo a sequência de imagens obtidas após o pré-processamento.

No tratamento das imagens, o equador foi colocado aproximadamente na horizontal e otimizados a cor, o brilho e o contraste. Na Fig. 6, mostra-se o resultado dos ajustes realizados, em que o escurecimento do limbo aparece de modo mais visível e o contraste da imagem facilita a visualização das manchas na superfície do Sol.

#### 6. Medições e resultados

Neste artigo são apresentadas, a título de exemplo, as observações realizadas entre 10 e 13 de julho de

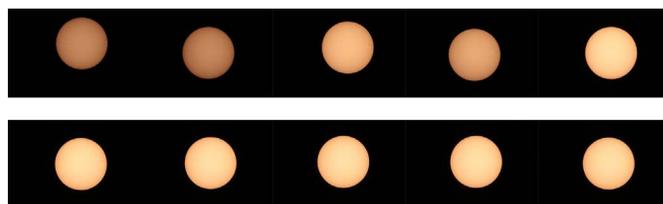


Figura 5 - Comparação das imagens brutas (em cima) com as imagens processadas no PIPP (em baixo).

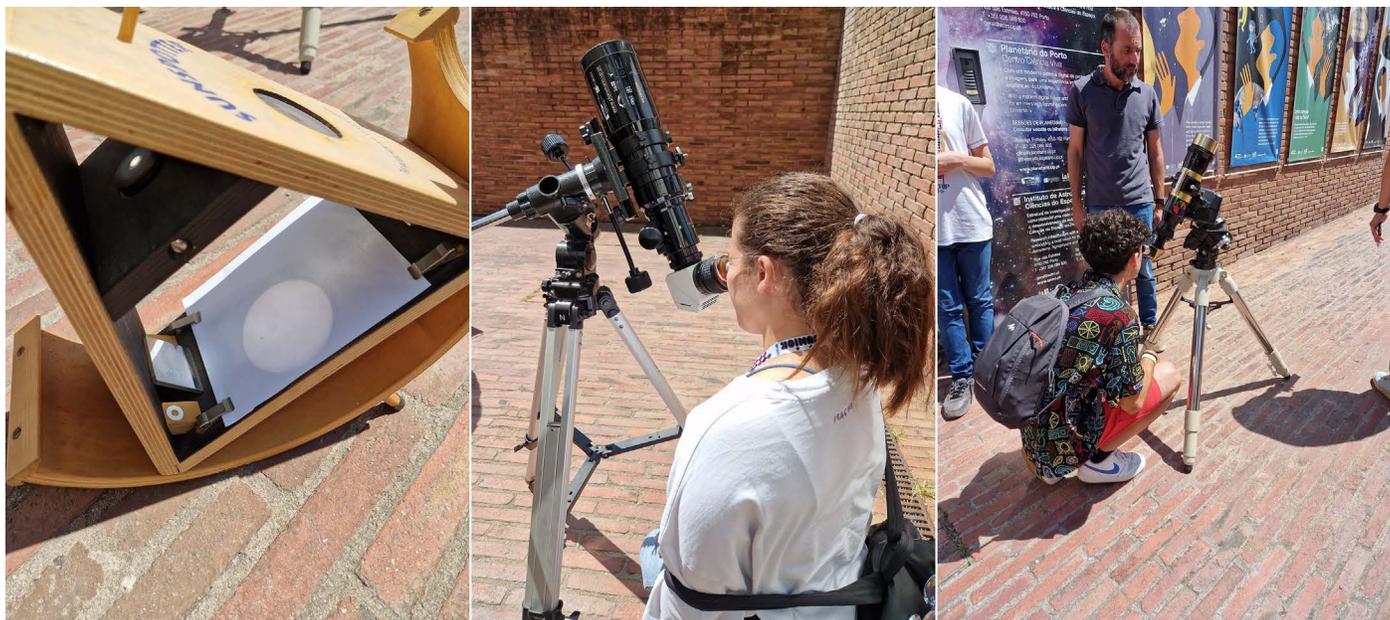


Figura 4 - Utilização de diferentes telescópios na observação solar (Sunspotter, telescópio com filtro de banda estreita e PST).

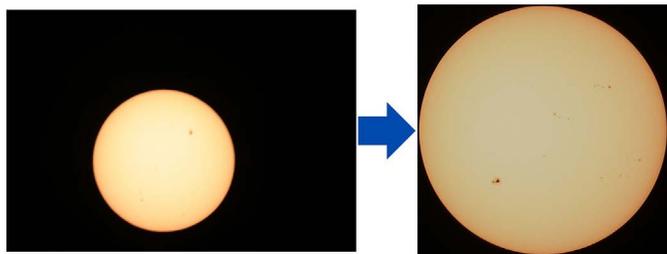


Figura 6 - À esquerda, a imagem após o pré-processamento e à direita, a imagem após o tratamento no Autostakkert!3, observando-se a rotação e a alteração de brilho e saturação.

2023, na cidade do Porto, Portugal. Após o processamento, foram obtidas dez imagens que são apresentadas na Fig. 7.

O passo seguinte foi a utilização de uma grade para localizar as manchas solares em cada fotografia. Esta permite a leitura aproximada da latitude e da longitude das manchas solares em cada imagem. A latitude é medida a partir da linha do equador. Para cima, de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  N ( $+90^\circ$ ), para baixo, de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  S ( $-90^\circ$ ). Considerando a linha vertical que liga o pólo Norte ao pólo Sul e dividindo o disco solar ao meio como referência, temos  $90^\circ$  para Leste ( $+90^\circ$ ) e  $90^\circ$  para Oeste ( $-90^\circ$ ). O espaçamento entre linhas em ambos os casos é de  $10^\circ$ . Escolheram-se três manchas que se encontravam em diferentes latitudes, como mostra a Fig. 8. Por exemplo, a mancha 3 situa-se, aproximadamente, na latitude  $22^\circ$  S.

A grade foi adicionada em cada uma das imagens e feita uma animação do movimento do Sol em um formato de vídeo, disponível no Youtube no Projeto Sol. Os participantes, divididos em grupos de três ou quatro elementos, mediram o movimento de rotação das manchas solares e procederam à determinação do período de rotação do Sol para cada latitude. Os resultados mostram períodos de rotação superiores para manchas

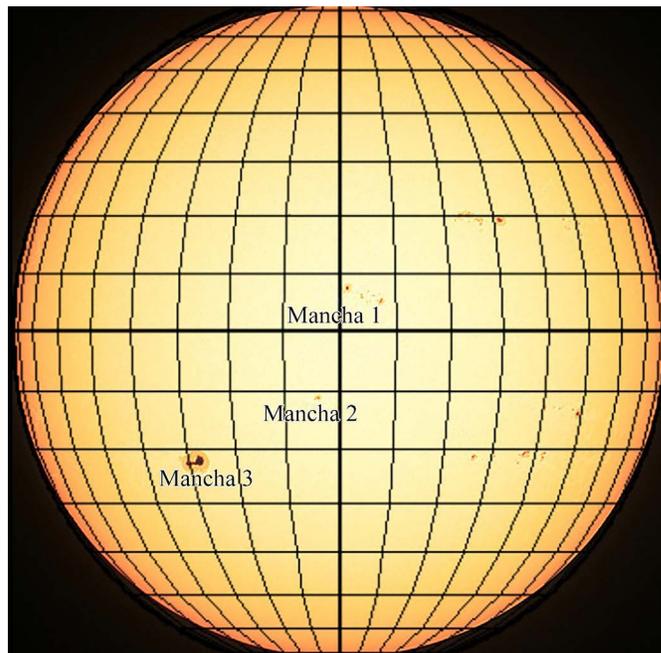


Figura 8 - Sol com grelha sobreposta para se estimarem as coordenadas das manchas solares.

mais afastadas do equador (Quadro C), como referenciado na literatura.

## 7. Avaliação do impacto

A participação nessa atividade proporcionou aos estudantes a mobilização de importantes habilidades

Tabela 1: Data e hora indicadas, no formato ano/mês/dia T hora:min. de cada uma das imagens mostradas na Fig. 7.

23/07/ 10T9:30	23/07/ 10T13:15	23/07/ 10T17:00	23/07/ 11T9:00	23/07/ 11T13:00
23/07/ 12T13:10	23/07/ 12T17:10	23/07/ 13T9:00	23/07/ 13T14:00	23/07/ 13T17:00



Figura 7 - Imagens do Sol após processamento, obtidas na data e hora indicadas na Tabela 1.

### Quadro A. Pré-processamento de imagens com o programa PIPP.

Ao se selecionar a opção “Solar/Lunar full disk” (Fig. 9, à esquerda), otimiza-se a configuração para imagens de discos completos do Sol ou planetas. As predefinições de entrada são mantidas, e em “Processing Options” (Fig. 9, à direita), o objeto é centralizado e imagens irrelevantes são removidas com “Object Detection”. A função “Cropping” corta áreas desnecessárias, e ajustes podem ser feitos nas “Test options”. A opção “Convert Colour to Monochrome” deve ser desativada para manter imagens coloridas, e há a possibilidade de organizar as imagens por qualidade.

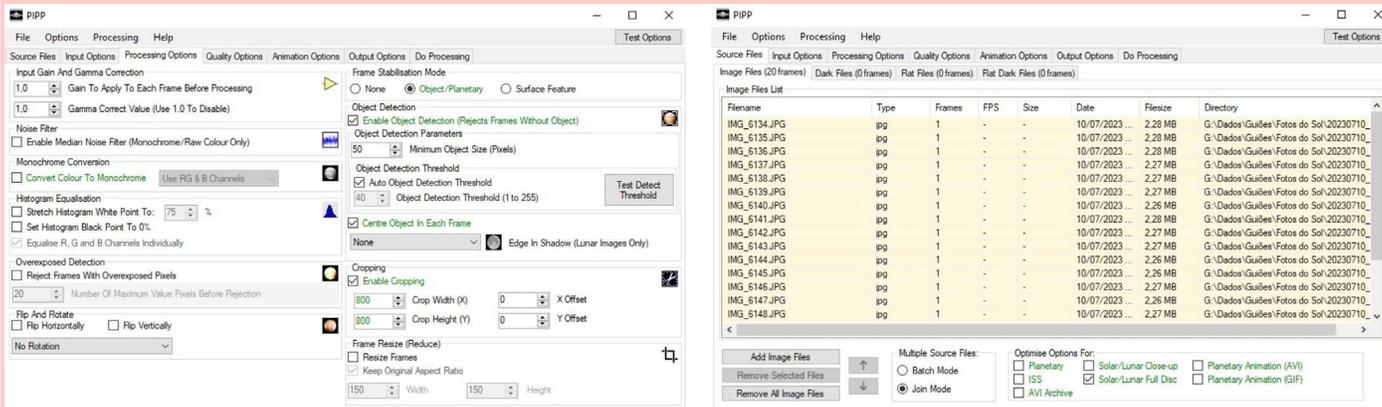


Figura 9 - Quadros do programa de pré-processamento de imagens (A1 e A2).

### Quadro B. Empilhamento.

Na Fig. 10, à esquerda, estão as opções do programa AutoStakkert!3, incluindo o gráfico de qualidade, a percentagem de fotos a empilhar e parâmetros de qualidade e formato da imagem. À direita, encontra-se a janela que permite definir automaticamente os pontos de alinhamento, baseados em tamanho e brilho.

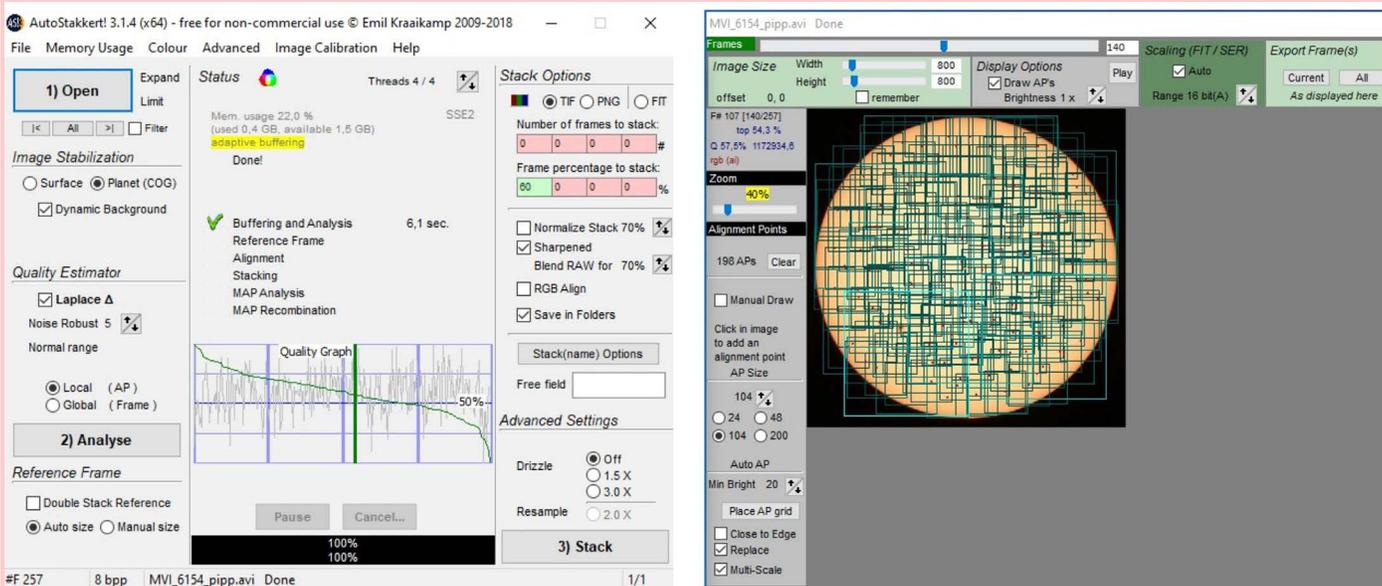


Figura 10 - Quadros do programa Autostakkert!3.

de investigação científica. Eles tiveram a oportunidade de utilizar instrumentos astronômicos, como telescópios de custo acessível, e ferramentas gratuitas de edição de imagem. No início, a maioria dos participantes desconhecia os diferentes fenômenos que ocorrem na

superfície do Sol, mas ao longo do processo, observaram diretamente eventos como as manchas solares e compreenderam a rotação diferencial da estrela, na qual a velocidade de rotação é maior próximo ao equador e diminui com a latitude.

Quadro C. Resultados obtidos por um grupo de alunos.

Na Tabela 2 estão registradas as coordenadas das três manchas solares assinaladas na Fig. 8. Com os dados da tabela, obtém-se a variação da longitude da mancha em função do tempo decorrido, em horas.

A Fig. 11 mostra as equações das retas e o coeficiente de correlação de Pearson para cada mancha solar, indicando uma relação linear entre o ângulo de rotação e o tempo. Isso confirma que as manchas realizam um movimento circular uniforme. Os declives das retas mostram a variação da longitude por hora, permitindo calcular o tempo que uma mancha leva para completar uma rotação.

Usando as funções determinadas para cada mancha solar obtêm-se os resultados constantes na Tabela 3.

Tabela 2: Variação da longitude ao longo do tempo de três manchas solares localizadas em diferentes latitudes.

Latitude	Data de registro			
	23/07/10T 9:30	23/07/11T 9:00	23/07/11T 17:30	23/07/13T 9:00
Mancha 1 (8° N)	1°	14°	19°	40°
Mancha 2 (12° S)	-4°	8°	13°	34°
Mancha 3 (22° S)	-30°	-18°	-14°	6°

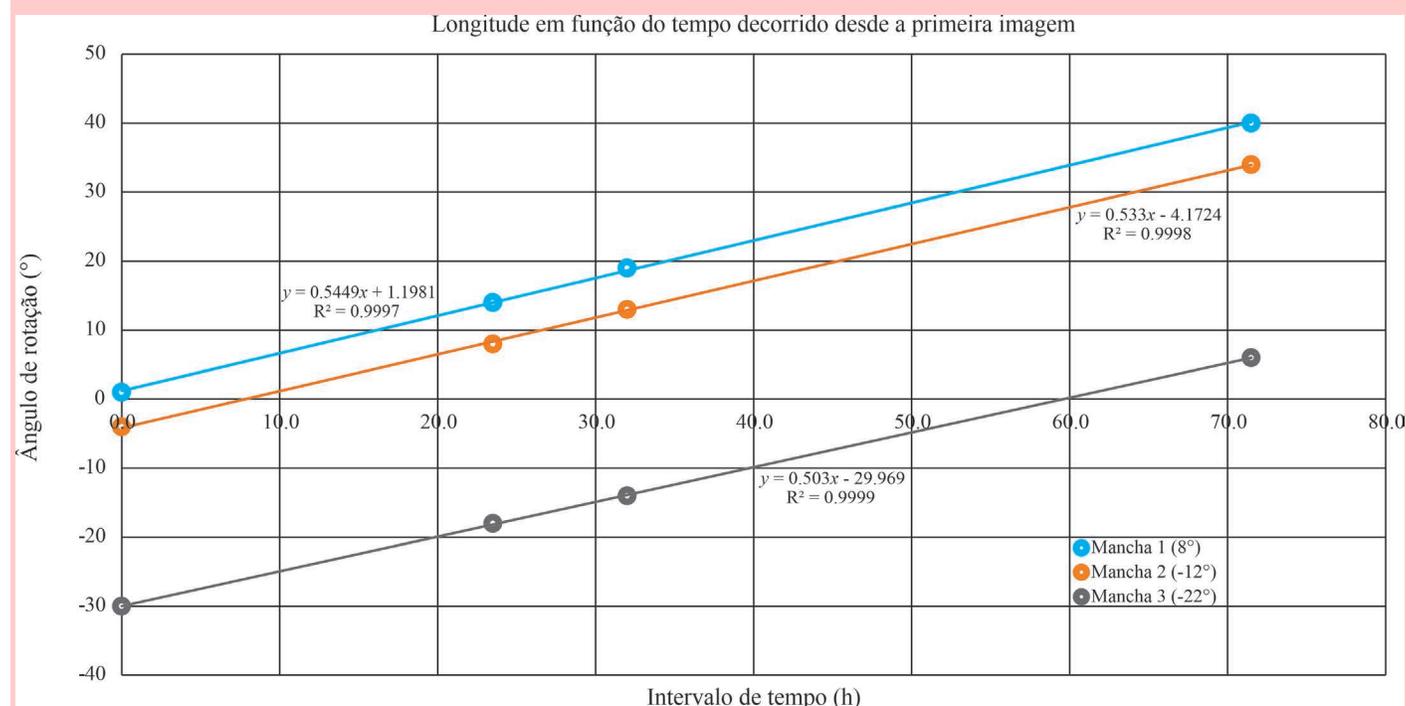


Figura 11 - Variação da longitude em função do tempo decorrido desde a primeira imagem.

Tabela 3: Período de rotação para diferentes latitudes.

Latitude	Período (horas)	Período (dias)
8° N	661	27,5
12° S	675	28,1
22° S	716	29,8

Além de realizar medições e determinar o período de rotação das manchas solares em diferentes latitudes, os participantes relataram um aumento significativo na compreensão dos conceitos astronômicos e do processo científico, desde a coleta de dados até a validação dos resultados. A análise dos *feedbacks* (Qua-

dro D) indicou que a atividade despertou grande interesse pela astronomia, motivando os participantes a se envolverem mais com o tema.

Embora não tenha sido um estudo exaustivo, o *feedback* revelou que a atividade incentivou a colaboração, o uso de ferramentas digitais e o desenvolvi-

#### Quadro D. Feedback dos participantes

A avaliação do envolvimento dos participantes recorreu a depoimentos escritos, ilustrados na Fig. 12, que serviram como base para a análise de conteúdo que fundamenta as conclusões deste estudo.

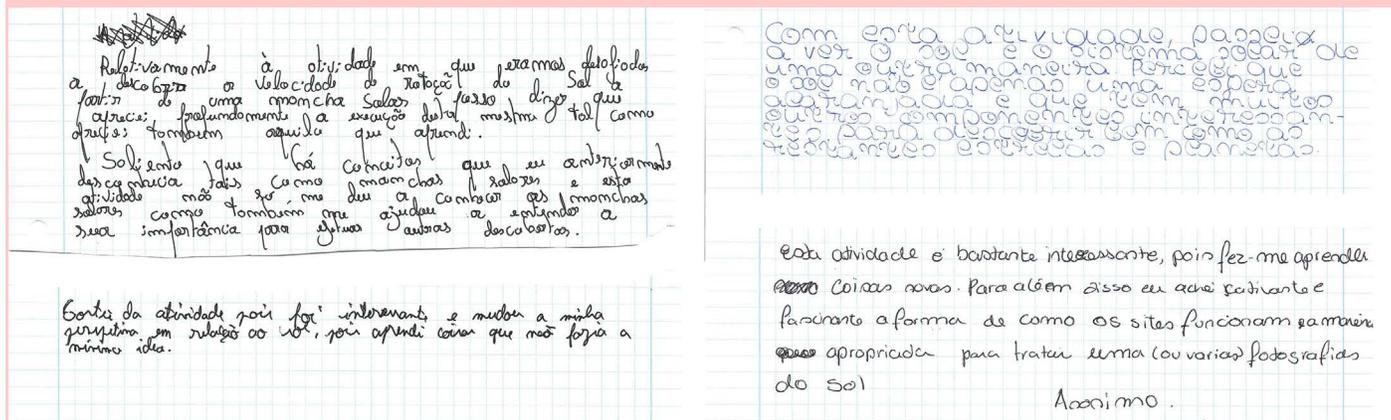


Figura 12 - Registo de alguns depoimentos dos alunos.

mento de uma compreensão mais profunda dos fenômenos solares, de maneira semelhante ao trabalho dos cientistas na prática atual. Essa abordagem integrada de aprendizagem, que combina observação prática e análise científica, mostrou-se eficaz para despertar o interesse e a curiosidade dos alunos sobre o espaço e a ciência.

## 8. Conclusão

O projeto “Verão em Projeto” permitiu aos participantes observar o Sol com diferentes equipamentos, coletando e processando dados para determinar o período de rotação solar em várias latitudes. O acompanhamento dos monitores e investigadores com formação em astronomia e o trabalho com dados próprios foram fundamentais. Para futuras edições, destacam-se três pontos a melhorar: a) padronizar procedimentos de coleta de dados e tratamento de imagens, utilizando ferramentas mais específicas como o Registax 6; b) expandir o escopo dos conceitos ensinados, comparando, por exemplo, manchas solares com a Terra, e c) avaliar de maneira mais estruturada o impacto das atividades no aprendizado e na conscientização dos participantes.

O *feedback* positivo indicou que o processo interativo de divulgação científica despertou o interesse pela ciência, mas será necessário desenvolver melhores instrumentos para medir o impacto das atividades na conscientização e na compreensão científica.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Astrofísica da Universidade do Porto o empréstimo de equipamento para as observações astronômicas do Sol, aos alunos inscritos na Universidade Júnior pelo interesse demonstrado na realização das atividades e à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pela cessão das instalações. Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia e ao IFIMUP, Projetos UIDB/04968/2020 e UIDP/04968/2020, UIDB/04434/2020 e UIDP/04434/2020, pelo financiamento deste trabalho. Os autores estão, ainda, gratos a Mariana Balaton pela revisão do texto para Português do Brasil.

## Quadros

Recebido em: 15 de Agosto de 2024

Aceito em: 12 de Novembro de 2024

## Notas

<sup>1</sup>James Webb Space Telescope.

<sup>2</sup>Solar and Heliospheric Observatory.

<sup>3</sup>European Space Agency.

<sup>4</sup>National Aeronautics and Space Administration.

<sup>5</sup>Solar Dynamics Observatory.

<sup>6</sup>National Solar Observatory (Observatório Solar Nacional dos Estados Unidos da América).

<sup>7</sup>Cooperation through Education in Science and Astronomy Research.

<sup>8</sup><http://gong.nso.edu>.

<sup>9</sup>Charge-Coupled Device.

<sup>10</sup>Complementary Metal-Oxide Semiconductor.

<sup>11</sup>A risca H $\alpha$  resulta da emissão de radiação cujo comprimento de onda é 656,28 nm, quando o elétron do átomo de hidrogênio transita do nível 3 para o nível 2.

<sup>12</sup>O programa PIPP foi desenvolvido para acelerar o processamento de dados de imagem. Pode trabalhar com uma vasta gama de formatos de dados, desde vídeos em formato AVI ou SER até os formatos RAW de DSLR e imagens JPG simples.

## Referências

- [1] A. Interrante, *A New Look at Sunspots is Helping NASA Scientists Understand Major Flares and Life Around Other Stars*. Disponível em <https://www.nasa.gov/missions/hinode/a-new-look-at-sunspots-is-helping-nasa-scientists-understand-major-flares-and-life-around-other-stars/>, acesso em 8/10/2020.
- [2] R. Gafeira, T. Barata, N. Peixinho, *Astronomia: O Lado Negro do Sol*. Disponível em [https://www.nationalgeographic.pt/ciencia/o-lado-negro-do-sol\\_3810](https://www.nationalgeographic.pt/ciencia/o-lado-negro-do-sol_3810), acesso em 15/11/2023.
- [3] M. Rosenberg, P. Russo, G. Bladon, L.L. Christensen, *Why is Astronomy Important?* Disponível em <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1311/1311.0508.pdf>, acesso em 19/11/2013.
- [4] N. Gopalswamy, *Atmosphere* **13**, 1781 (2022). doi
- [5] P. Cannon, *Extreme Space Weather: Impacts on Engineered Systems and Infrastructure* (Royal Academy of Engineering, Londres, 2013).
- [6] N. Buzulukova, B. Tsurutani, *Front. Astron. Space Sci* **9**, 1017103 (2022). doi
- [7] S. Toriumi, V.S. Airapetian, H.S. Hudson, C.J. Schrijver, M.C. Cheung, e cols., *The Astrophysical Journal* **902**, 36 (2020). doi
- [8] P. Ehrenfreund, N. Peter, L. Billings, *Acta Astronautica* **67**, 502 (2010). doi
- [9] I.F. Costa, A.d. Maroja, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, e1501 (2018). doi
- [10] S. Anjos, A. Carvalho, *Comunicação e Sociedade* **37**, 109 (2020). doi
- [11] T. Anan, C. Beck, L. Bertello, J. da Silva Santos, R. French, e cols., *Journey to the Sun (JTTS) Curriculum*. Disponível em <https://nso.edu/jtts-curriculum/>, acesso em 26/4/2024.
- [12] J.C. Silva, A.J. Junior, J.C. Alves, *Revista Brasileira do Ensino de Física* **42**, e20200131 (2020). doi
- [13] K. Shrivastava, K.W. Chia, K.J. Wong, A.Y. Tan, H.T. Ning, *EPJ Web of Conferences* **240**, 07011 (2020). doi
- [14] B. Fleck, *Sunspots*. Disponível em <https://soho.nascom.nasa.gov/sunspots/>, acesso em 27/7/2020.
- [15] G. Araujo, *Wolf Number*. Disponível em: <http://www.astrosurf.com/obsolar/wolfnumber.html>, acesso em 1/12/2023.
- [16] C.P. Coutinho, *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática* (Almedina, Coimbra, 2022), 2ª ed.
- [17] C. Lorensi, A.A. Pacini, *Revista Univap* **22**, 105 (2016). doi
- [18] R.A. Freedman, W.J. Kaufmann III, *Universe* (W.H. Freeman, Santa Barbara, 2001).
- [19] J. Persson. *Physics Education* **48**, 14 (2013). doi
- [20] G.d. Almeida, *Telescópios* (Plátano Editora, Lisboa, 2004), 1ª Ed.
- [21] L. Bardin, *Análise de Conteúdo* (Edições 70, Lisboa, 1977).

## Endereços de Internet

Projeto Sol: <https://youtu.be/gUst8O2kBNU>.