



Testes preliminares de uma estação do rádio *JOVE 2.0* para monitorar o eclipse solar anular de 2023 na Paraíba

Preliminary tests of a radio JOVE 2.0 station to monitor the 2023 annular solar eclipse in Paraíba

Araújo, M. L.^{1,2}; Pereira, M. G.^{2,*}; e Guedes, G. P.²

¹Anatel, Agência Nacional de Telecomunicações.

²Mestrado Profissional em Astronomia-MPAstro, Departamento de Física-DFIS, Av. Transnordestina, s/n - Feira de Santana, Novo Horizonte - BA, 44036-900, Brasil. *E-mail: mgpereira@uefs.br

Resumo: Eclipses solares exercem um forte apelo de interesse público, em quem busca testemunhar um acontecimento astronômico, e na comunidade científica, em quem busca por oportunidades de realizar estudos que envolvam o Sol. Para os professores, também há possibilidades diversas para incentivar o conhecimento científico, a partir de um fenômeno que afeta momentaneamente como percebemos o Sol. Com a Radioastronomia, na faixa do espectro inferior a 30 MHz, estudos do comportamento da ionosfera são propostos por programas educacionais como o Radio JOVE. Neste artigo, descrevemos observações preliminares do Sol em rádio, resultantes de testes de uma estação para observação do eclipse anular de 2023, uma prática com recursos relevantes para o ensino de Astronomia.

Palavras-Chaves: radioastronomia; radiotelescópios; Sol; ionosfera

Abstract: Solar eclipses have a strong appeal in the public interest, for those looking to observe an astronomical event, and in the scientific community, for those looking for opportunities to carry out studies involving the Sun. For teachers, there are also several different possibilities to encourage scientific knowledge, based on a phenomenon that momentarily affects how we perceive the Sun. With radioastronomy, in the spectral range below 30 MHz, studies of the behavior of the ionosphere are proposed by educational programs such as Radio JOVE. In this article, we describe preliminary observations of the Sun in radio, resulting from tests of a station to observe the annular eclipse of 2023, a practice with relevant resources for teaching Astronomy.

Keywords: radio astronomy; radio telescopes; Sun; ionosphere

1. Introdução

O Radio *JOVE* é um programa educacional voltado à radioastronomia experimental amadora que permite tratar de conteúdos STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), por intermédio de práticas de montagem, configuração de receptor de rádio, uso de antenas e observação colaborativa, com repositório dos dados obtidos e grupo de discussões na Internet. Para um público-alvo extenso, desde curiosos pelo assunto a professores e estudantes de Nível Médio e Graduação, contando com participantes em diversos países. Há duas versões dos receptores: o Radio *JOVE* 1.0, cuja estação era vendida como um kit, com componentes eletrônicos discretos, que poderia ser adquirido e montado pelo interessado. A versão Radio *JOVE* 2.0, a mais atual, consiste em um receptor do fabricante SDRplay, modelo RSP1A, para ser utilizado com o programa *Spectrograph*. O Radio *JOVE* é um programa para educar pessoas sobre radioastronomia solar e planetária, com estudos de emissões de rádio do Sistema Joviano, especialmente da interação da lua Io com Júpiter, em ocasiões específicas, com probabilidade de ocorrência indicada em programa de computador por eles desenvolvido. Também são objeto de estudos outras emissões naturais de rádio, como descargas atmosféricas, efeitos da ionosfera terrestre e ruído de fundo da Via Láctea. As emissões do Sol são uma recorrente fonte de pesquisa do programa, especialmente quando em ciclo de maior atividade, com inúmeras manchas solares, ejeções de massa coronal, afetando a ionosfera, como no atual Ciclo Solar 25 [1]. Assim, os eclipses solares também são objeto de estudo pelo programa, que

Citação: Araújo, M. L. Testes preliminares de uma estação do rádio JOVE 2.0 para monitorar o eclipse solar anular de 2023 na Paraíba. Cad. Fís. UEFS, 22(01):1404.1-07, 2024.

Recebido: 10/05/2024

Aceito: 02/06/2024

Publicado: 18/06/2024



Copyright: © 2024 Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artigo apresentado no Seminário Interinstitucional dos Mestrados Profissionais da Área de Ensino (SIM-PAE), realizado entre os dias 18 e 21 de outubro de 2023, em parceria entre UEFS e UFRB.

incentiva observações amadoras por quem possui a estação e esteja no trajeto da sombra lunar na Terra [2].

Em 14 de outubro de 2023, ocorreu um eclipse solar anular afetando desde o oeste da América do Norte, a América Central até a América do Sul. No Brasil, na Região Nordeste, o estado da Paraíba esteve no trajeto que recebeu uma das menores luminosidades na totalidade do evento, estando num dos locais de mais bem visada para este eclipse solar. Por este motivo, foram programadas sessões de observações com os recursos do Radio JOVE 2.0 em região próxima a Campina Grande, no sertão paraibano. Para a sessão de observação, foram realizados estudos preliminares com diversas antenas e em diferentes localidades, com diferentes níveis de interferência (*Radio Frequency Interference*, RFI), para validar seu funcionamento e a montagem como estação transportável, capaz de registrar pelo menos duas horas de observação em rádio, que é o tempo de duração da bateria do computador. Neste artigo, serão descritos os preparativos para a sessão de observação.

2. Observando eclipses solares nas faixas de radiofrequências

Na página do Rádio *JOVE* na Internet [3], há um grande repositório de informações em língua inglesa sobre radioastronomia, com conceitos mais gerais e informações específicas tratando de teorias e processos naturais de emissão de ondas eletromagnéticas nas faixas de rádio. Há manuais de como construir o receptor da primeira versão, como montar e orientar as antenas e sobre a instalação e configuração dos softwares utilizados. São os programas *Radio-Sky Spectrograph* [4], que é um espectrógrafo em rádio, desenvolvido de modo que pode ser usado comunicando-se com o receptor do tipo Software Defined Radio (SDR)[5] indicado, e o *Radio-Jupiter Pro* [6] que permite configurar diferentes tipos de antenas e as coordenadas geográficas, para visualização dos lóbulos da antena em relação ao céu local, e orienta a observação de acordo com a localidade e pontos cardeais definidos.

Eclipses solares ocorrem quando “ao longo do seu movimento em torno da Terra, vez ou outra a Lua passa pelo segmento de reta que une o Sol e a Terra”, assim, “a visão do Sol pode ficar total ou parcialmente obstruída pela Lua” (BOCZKO, 1984, p. 271). Radiações eletromagnéticas extremas oriundas do Sol, como ultravioleta e raios X, atingem diuturnamente a face iluminada da Terra, sendo capazes de ionizar uma das camadas superiores da atmosfera terrestre, a Ionosfera, na região entre cerca de 100 a 500 km de altitude. “Esta radiação é energética o suficiente para quebrar as moléculas da atmosfera e retirar elétrons de seus átomos componentes, produzindo íons”, em tradução livre (LANG, 2013, p. 146). A região ionizada é capaz de refletir ou refratar sinais de rádio de estações operando em Ondas Curtas, na faixa de 20 MHz, por exemplo, que eventualmente sofrem reflexões ionosféricas e os sinais voltam à Terra podendo alcançar longas distâncias. Também pode ocorrer de a ionosfera bloquear ou atenuar severamente sinais de rádio de fora da Terra ou impedir que escapem para o Espaço. Tais condições dependem da ionização e das faixas de frequências envolvidas, geralmente inferiores a 30 MHz, ou seja, com comprimento de onda superior a 10 m (LANG, 2013, p. 40). De acordo com informações disponíveis na página do *Radio JOVE 2023 Solar Eclipse Citizen Science Campaign* [7], durante eclipses totais ou anulares, há oportunidade para os radioastrônomos pesquisarem como a diminuição da radiação solar afetará a ionosfera. Por algum tempo, a atmosfera na região geográfica onde o fenômeno é visível, com a Lua bloqueando ao máximo o Sol, estará sujeita a mudanças de ionização, de temperatura e densidade, por exemplo.

Adicionalmente, mesmo que os novos receptores do tipo SDR usualmente tenham possibilidade de operar até a cerca de 2 GHz, fica claro que o objetivo do programa é estudar o Sol em frequências de rádio abaixo de 30 MHz. É para compreender melhor as emissões eletromagnéticas da faixa causadas pela atividade solar e emitidas na coroa solar, região com plasma energético. Para o Radio *JOVE*, tais estudos são oportunos tanto para

entendimento dos processos de emissão de rádio e sua propagação “desde o Sol até a Terra e, mais especificamente, do que pode ocorrer na propagação através da ionosfera” [7]. Idealmente, uma rede de radiotelescópios que realizasse registros diários, em diversos cenários (períodos noturno e diurno, em diferentes estações do ano, com ou sem RFI etc.) ajudaria a compreender as “variações temporais e espaciais na ionosfera” [7]: mudanças na densidade do plasma, as frequências de corte de propagação, desvanecimento de sinais de rádio e variações de acordo com as diversas longitudes das estações de rádio [7].

Desde a época em que os rádios usados em telecomunicações, para distâncias continentais, operavam em Ondas Curtas, já era de amplo conhecimento que o comportamento do plasma na ionosfera muda significativamente entre os períodos de noite e dia. Por esse motivo, é instigante realizar observações em rádio que possam demonstrar mudanças de curto prazo devido à sombra lunar durante um eclipse solar. Participantes do *Rádio JOVE* historicamente já realizaram observações durante eclipses solares para tentar quantificar essas mudanças, para entender melhor a ionosfera [8].

O eclipse de 2023 é mais uma oportunidade de coleta de dados e de compará-los com os de outros locais nas Américas, para o programa, isso os ajudará a determinar uma linha de base para as medições e permitirá fazer ajustes para o eclipse de 2024, visível nos Estados Unidos [7]. Em termos locais, no Brasil a divulgação dessa prática de radioastronomia amadora é relevante porque tais atividades têm potencial motivador como aplicações efetivas de conteúdos STEAM, relacionados à Astronomia para replicação em ambientes de ensino.

3. Testes em campo com o *RADIO JOVE 2.0*

Foram definidas diretrizes para a observação coordenada do Eclipse Solar de 2023, pela equipe do *Radio JOVE*, destacamos o que foi realizado, conforme Quadro 1:

Quadro 1: Verificação das atividades preparatórias para observar o eclipse solar de 2023.

Atividades	Realizada	Comentário Adicional
Sessões de ajuda “Practice Session” #1 a #4, via Plataforma Zoom.	Sim	Reuniões por vídeo conferência, com integrantes de outros países.
Observações prévias na faixa 15 a 30 MHz, dentro ou fora da faixa do eclipse.	Sim	Realizados testes em campo em diferentes cenários, mas somente onde haverá eclipse parcial (Bahia).
Observação realizada num mesmo local específico, dias antes, durante e dias após do eclipse.	Não	Não houve condições para manter uma estação funcionando regularmente em um mesmo local por muito tempo.
Observação contínua de pelo menos 6 horas durante o eclipse.	Não	O planejamento envolve ir a local remoto, com possibilidade de baixa RFI, mas sem condições de alimentação AC, tempo de observação será a duração da bateria.
Uso de equipamento <i>Radio JOVE 2.0 SDRplay</i> .	Sim	Testes em campo com este tipo de receptor.
Antena dipolo em orientação L-O.	Sim	Tais condições dependem do local de observação e da posição do Sol no horizonte. Também realizada em N-S.
<i>Clock</i> do Computador para UTC.	Sim	Programas consideram a hora local -3 h.
Calibração do radiotelescópio.	Não	Ainda não há kit calibrador disponível.
<i>Update</i> de Metadata da estação.	Sim	Nos programas <i>Radio-Skypipe</i> , <i>Radio-Sky Spectrograph</i> .
Arquivamento dos dados obtidos: https://radiojove.net/archive.html	Sim	Realizado <i>upload</i> de ao menos uma observação solar.

Mesmo não reunindo todas as condições resumidas no Quadro 1, definidas na página da “Radio JOVE 2023 Solar Eclipse Citizen Science Campaign”, do Radio JOVE, ainda assim os testes realizados em diferentes condições subsidiaram aprendizados aqui compartilhados, por conta de sua relevância no ensino de Astronomia. Alguns dos testes também estão divulgados na página que foi criada durante o mestrado (2016): www.radioastronomia.pro.br. Foi adotada a sistemática de as observações realizadas serem comparadas com os registros de outros radioastrônomos amadores e com registros de rádio na página NOAA, no endereço “*Solar and Geophysical Event Reports*” [9].

Um dos primeiros testes locais, considerava a possibilidade de observar emissões solares intensas, mesmo em ambientes de alta RFI, como no interior de um prédio, que é uma situação habitual de ensino. Vários registros com uso de antena do tipo Loop Magnética, modelo MLA-30, não obtiveram resultados significativos para registrar o Sol. A presença de RFI e a área relativamente pequena dessa antena podem ter contribuído para a dificuldade das observações. Testes adicionais em local aberto e com menor RFI são necessários.

O uso da antena original do *Radio JOVE*, com um dipolo de meia-onda (para 20 MHz), também foi objeto de testes. Por ser uma antena de grandes dimensões, requer ampla área, preferencialmente com visada desobstruída para o zênite. Durante as sessões com este tipo de antena, não houve registro de emissão solar recente nos arquivos salvos no computador. Entretanto, já houve sessão em que foi registrada emissão solar, utilizando o receptor *Radio JOVE 1.0*, conforme Figura 1.

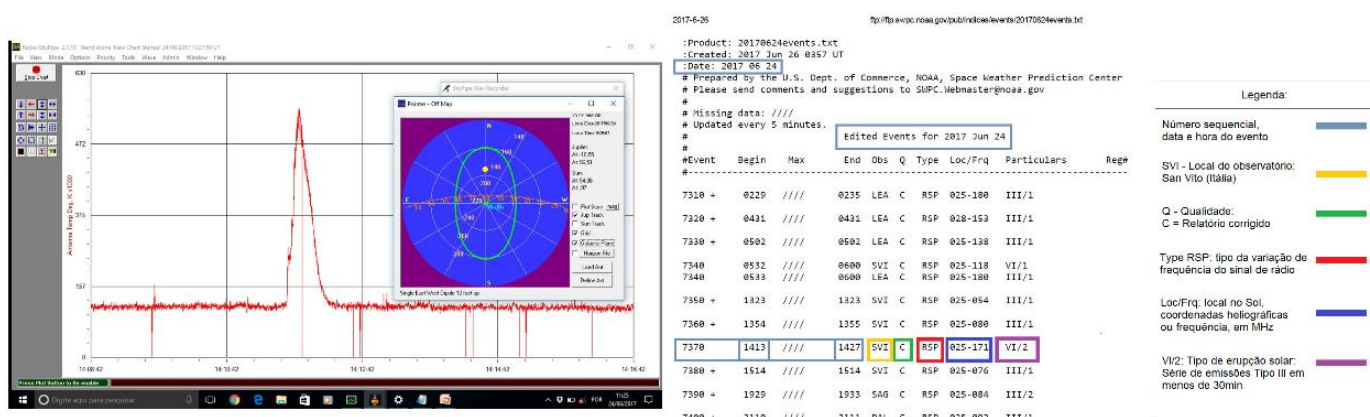


Figura 1. Emissão solar de 24/06/2017, com RJ1.0 e tela do evento no NOAA. Fonte: Imagens da dissertação de ARAÚJO, 2017 (repositório do MPAstro/UEFS).

O terceiro tipo de teste em campo evidenciou a necessidade de maior atenção aos detalhes da portabilidade, pois a estação deve ser compacta o suficiente para ser transportada para local remoto, com intenção do registro do eclipse. Foi utilizada antena “MFJ-2215, MINI-DIPOLE, 15 m”, montada com auxílio de tripé, com receptor SDR RSP1A e programas Radio-Sky Spectrograph, e o Radio-Jupiter Pro. Com o Radio-Sky Spectrograph, os sinais são registrados na faixa configurada, por exemplo, de 16 a 26 MHz (banda total de 10 MHz) e os sinais exibidos, no gráfico Tempo x Frequência, são codificados e podem ser ajustados para que os mais fracos sejam percebidos como azulados e os mais intensos em amarelo, vermelho e até branco.

Das diversas sessões realizadas, em pelo menos duas houve registro de emissões solares, confirmadas com as observações de outros radioastrônomos amadores e na página do NOAA. São emissões solares típicas classificadas como *Type III*, cuja característica mais marcante é de que as radiofrequências (em tradução livre):

derivam rapidamente de frequências altas para baixas em cerca de 20 MHz por segundo. Emissão fundamental e de segundo harmônico é

observada. A alta taxa de deriva sugere que as rajadas são causadas por movimentos rápidos de feixes de elétrons movendo-se para fora através da coroa a cerca de um quarto da velocidade da luz, estimulando a emissão na frequência local do plasma (FLAGG, 2000, p. 5-3).

Na Figura 2, composição com a imagem da antena MFJ-2215 (esquerda) e do registro captado em 17/04/2023 (direita). Nessa mesma data, outro sinal foi registrado, mas como no momento do registro a RFI estava mais elevada, o sinal solar não ficou destacado em relação ao ruído de fundo.

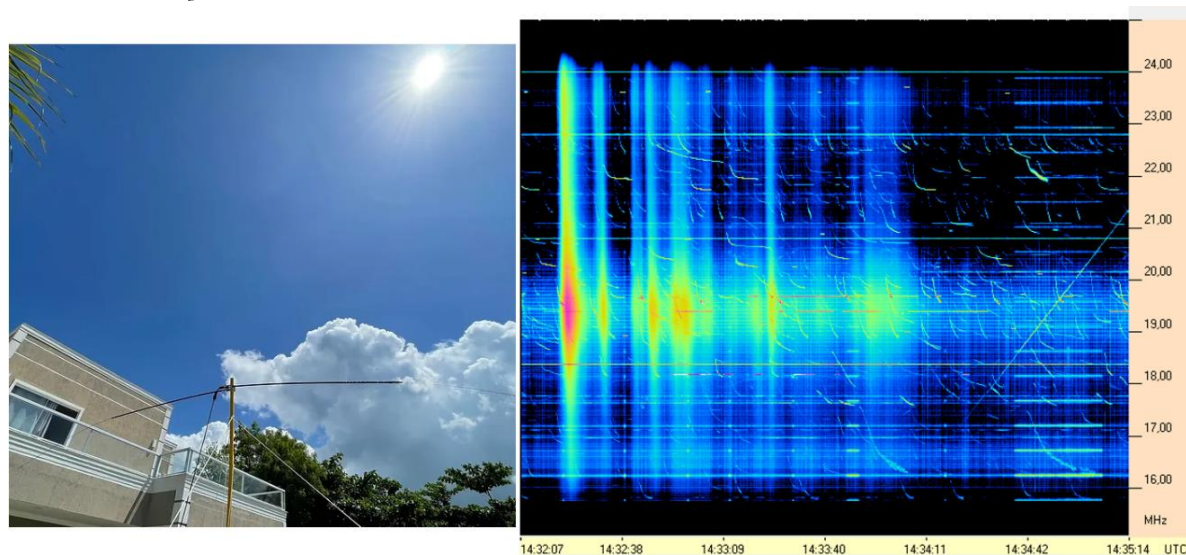


Figura 2. Imagem da antena dipolo e de um registro de emissão solar em rádio. Fonte: imagem da antena, do autor, e captura de tela do *Radio-Sky Spectrograph*.

Na Figura 3, em 29/07/2023, há pelo menos dois registros solares. O primeiro, aproximadamente às 15:51, mais fraco, e às 15:54, mais intenso. É uma comparação da observação de um mesmo evento de emissão solar, no mesmo horário UTC, mas com local e antenas diferentes. Na imagem da esquerda observa-se como o sinal é melhor percebido em sua integridade, ao longo da faixa, quando comparado com o sinal registrado localmente (à direita) com a antena de faixa mais estreita. Além disso, na observação local há presença de RFI gerada pela fonte de alimentação do computador usado, que estava carregando a bateria interna, e foi desligada logo ao se perceber uma emissão solar em andamento. Também há possibilidade de RFI de outros dispositivos, como ar-condicionado, cerca elétrica, e outros sinais diversos, típicos da faixa de Ondas Curtas, como de emissoras de rádio públicas ou comerciais (linhas horizontais) e de estações de estudo da ionosfera (linhas horizontais interrompidas e inclinadas). Destaca-se para os dois exemplos que a antena tipo MFJ é de uso comercial e possui uma largura de banda mais específica por faixa de operação, de modo que os sinais captados aparentam ser mais intensos na região de 20 MHz, que é a faixa da antena.

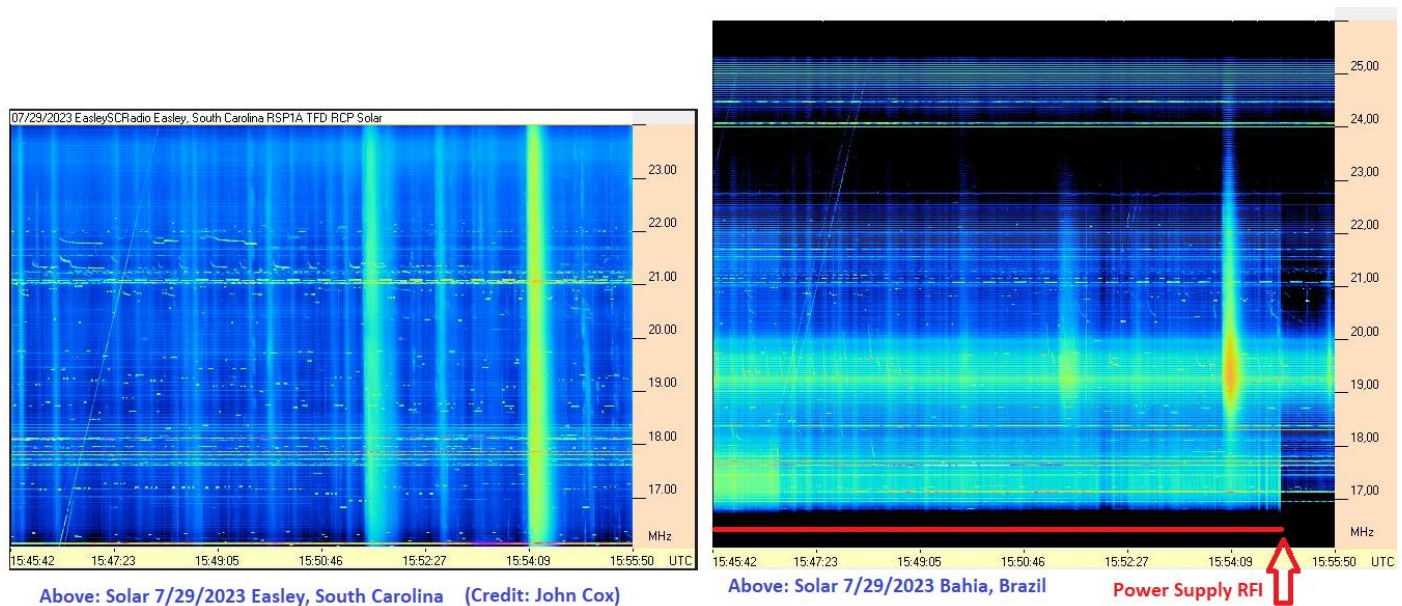


Figura 3. Comparação de emissão solar no mesmo horário (UTC) mas em estações diferentes. Fonte: John Cox (Radio JOVE) e do próprio autor (captura de tela do *Rádio-Sky Spectrograph*).

Mesmo com as situações descritas, relativas à largura de banda da antena, presença de RFI e limitação de tempo de uso do computador com bateria interna, estas são condições inerentes à portabilidade da estação que deve ser transportada para local com infraestrutura precária, considerando limitação de volume, peso e área de instalação. Os testes relatados são condição prévia para assegurar que os dispositivos foram capazes de registrar emissões solares. Também registraram as emissões de transmissores de rádio, caracterizados pelas linhas horizontais e inclinadas. Em caso de influência do eclipse no comportamento da ionosfera, a recepção dessas emissões distantes pode ser afetada. Em busca de maior portabilidade, ainda há a perspectiva de realização de outros testes com outra antena para ondas curtas, com hastes ajustáveis conforme o comprimento de onda da faixa monitorada, que poderá ser configurada no tipo dipolo horizontal ou em V.

4. Considerações finais

Eclipses solares anulares ou totais são fenômenos que impactam em como momentaneamente percebemos o Sol. Para observadores localizados no caminho de máxima obstrução do disco solar pelo lunar, há oportunidades de testemunhar e se maravilhar com a sensação de um ocaso extemporâneo. Com nosso conhecimento histórico dos eclipses, atividades de observação meticulosa podem ser planejadas com antecedência. Assim, os eclipses são possibilidades ímpares para realização de estudos acadêmicos e de atividades didáticas relacionadas ao ensino de Astronomia. A Radioastronomia talvez não seja uma das áreas de estudo que se associe imediatamente às observações de eclipses solares. No entanto, projetos como o Radio JOVE, agora com receptor tipo SDR e os softwares associados, são caminhos com potencial de aplicação com estudo colaborativo, em ambientes locais de ensino.

Além de conteúdos subjacentes que ampliam nossa compreensão do Universo, o estudo com técnicas da Radioastronomia permite análise de fenômenos eletromagnéticos: interação de partículas carregadas e campos magnéticos, como ocorre no Sol, bem como entender como a ionosfera terrestre pode ser afetada. Ressalta-se que, mesmo com o Sol em fase mais ativa, pode ocorrer de não haver atividade solar em rádio na faixa monitorada e no horário da observação do eclipse. Para o ensino de Física, são temas que podem ser estudados em termos teóricos e com aplicação prática desses conhecimentos.

Este trabalho relatou etapas de testes prévios para a missão de observação do eclipse solar de 2023. Durante as sessões prévias, na faixa observada, cerca de 16 a 26 MHz, a estação registrou emissões típicas diversas, tais como emissoras de Ondas Curtas e sinais de dispositivos de monitoramento da ionosfera. Mesmo com a presença de RFI, e uma antena de dimensões mais reduzidas, por conta da portabilidade almejada, houve o registro de atividade solar Tipo III, indicando o seu funcionamento, habilitando-a para monitorar o eclipse. Assim, abre-se caminho para a construção e manutenção de estações em ambientes de ensino que, além de poderem registrar, eventualmente, o momento de algum eclipse, poderão ser utilizadas no registro de atividades solares relacionadas aos seus ciclos.

Referências

- Araújo, M. L. Simuladores experimentais de radiotelescópios para o ensino de astronomia no nível médio. 2017. 233f. Dissertação (Mestrado Profissional em Astronomia) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.
- Boczko, R. Conceitos de Astronomia. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 1984.
- Flagg, R. S. Listening to Jupiter. A guide for the amateur radio astronomer. Second Edition. Radio-Sky Publishing, 2005.
- Higgins, C. Radio JOVE 2023 Solar Eclipse Citizen Science Campaign. The JOVE Bulletin, Local de Publicação: online, Volume 25, junho de 2023.
- Lang, K. R. Essential Astrophysics. Medford, MA, Springer, 2013.
- Novak, J. D.; Gowin, D. B. Aprender a Aprender. Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 1984.

Links de Internet

- [1]. Ciclo Solar 25: <https://www.weather.gov/news/201509-solar-cycle>.
- [2]. Mapa interativo: <https://www.timeanddate.com/eclipse/globe/2023-october-14>.
- [3]. Programa educacional em Radioastronomia: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/>.
- [4]. Radio-Sky Spectrograph: <https://radiosky.com/specdownload.html>.
- [5]. SDR: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/a/a7/Grupo_de_Estudos_em_R%C3%A1dio_Definido_por_Software.pdf.
- [6]. Radio-Jupiter Pro 3: <https://radiosky.com/rjpro3ishere.html>.
- [7]. Eclipse solar de 2023: https://radiojove.gsfc.nasa.gov/citizen_science/rj_eclipse2023.php.
- [8]. Ver edições do Rádio JOVE Bulletin: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/newsletters/>.
- [9]. NOAA: <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-and-geophysical-event-reports>.

Isenção de responsabilidade/Nota do editor: As declarações, opiniões e dados contidos em todas as publicações são exclusivamente de responsabilidade do(s) autor(es) e colaborador(es) individual(is) e não do Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es). O Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es) isentam-se de responsabilidade por qualquer dano a pessoas ou propriedades resultante de quaisquer ideias, métodos, instruções ou produtos mencionados no conteúdo.