



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

PPPG

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024

OBSERVAÇÕES CCD DE SISTEMAS BINÁRIOS ECLIPSANTES.

Matheus Dias de Souza Santos¹; Vera Aparecida Fernandes Martin² e
Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Licenciatura em Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: matheussantosdias8922@gmail.com

2. Orientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br

3. Coorientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Estrelas; Sistemas Binários; Fotometria CCD.

INTRODUÇÃO

Os projetos observacionais em atividade no OAA/MACT (Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia) são realizados com as técnicas de fotometria e espectroscopia na banda do visível e envolve objetos do Sistema Solar, estrelas e galáxias brilhantes do Universo local. Como parte da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), vem sendo desenvolvido com a instrumentação financiada por vários projetos de pesquisa (CAPES, FAPESB, UEFS e VITAE) e envolve os grupos do LNA (Laboratório Nacional de Astrofísica), UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba), UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz) e ULS (Departamento de Astronomía, Instituto de Investigación Multidisciplinaria en Ciencia y Tecnología, Universidad de La Serena – Chile).

Uma grande parte das estrelas observadas em nossa Galáxia apresentam algum tipo de variação em seu brilho, relacionadas com características intrínsecas (como pulsações) e extrínsecas, ou seja, um fator externo que não é próprio da estrela, como uma companheira em um sistema binário eclipsante. Em particular, nesses sistemas, quando a linha de visada é favorável, ou seja, quando o ângulo de inclinação da órbita do sistema for de 90º, cada uma das estrelas pode, periodicamente, eclipsar a outra. Nesse caso, é possível observar eclipses (Carroll & Ostlie, 2017), um fenômeno em que, basicamente, uma das estrelas oculta a outra fazendo com que ocorra uma variação no brilho observado à medida que ambas movimentam-se ao redor de seu centro de massa. Portanto, a curva de luz é a principal informação a ser colhida no estudo observacional. O projeto de Iniciação Científica desenvolvido procurou estudar a viabilidade técnica de iniciar um projeto sistemático de observação de estrelas em sistemas binários eclipsantes a partir da instrumentação disponível e integrante da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), financiado pela FAPESB-BA, a saber: telescópios MEADE LX200 GPS (24,5 cm) e PLANEWAVE CDK20 (50,8 cm).

No que segue, apresentamos os principais resultados obtidos para a estrela variável V*V456 Cyg com magnitude visual aparente de 10,85 (Hog et al. 2000). As observações fotométricas na banda V foram realizadas com o telescópio MEADE LX200 GPS (Figura 1) no período de 17-22 de julho de 2023.



Figura 1: Telescópio empregado no estudo observacional. Meade LX200 GPS (24,5 cm) + CCD SBIG ST-7 (765 x 510 pixels). Fonte. Autor.

METODOLOGIA

Telescópios de pequeno porte (espelho principal com diâmetro inferior a 60 cm) são bastante adequados para estudos envolvendo estrelas relativamente brilhantes, ou seja, aquelas com até 16 magnitudes na banda do visível. Obviamente, as condições de céu (atmosféricas e de luminosidade) do sítio observacional em que a instrumentação se encontra representa um papel de suma importância. Portanto, estudos de variabilidade exigem noites estáveis, ou seja, sem a presença de intensos cirros, nuvens, ventos fortes ou umidade relativa alta (acima de 97%). A estrela variável já conhecida (V*V456 Cyg, Figura 2) foi escolhida para observação e construção da curva de luz (Figura 3).

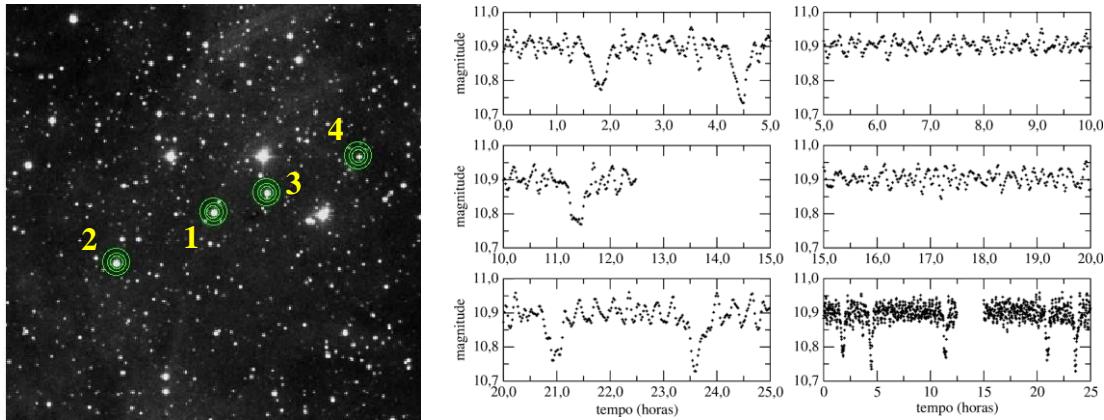


Figura 2. Esquerda. Seleção da estrela alvo e das aberturas fotométricas. (1) V*V456 Cyg, (2) estrela de referência (3 e 4) estrelas de verificação. Fonte: Autor (imagem obtida com o Meade LX 200).

Figura 3 Direita. Curva de luz para a variável eclipsante V*V456 Cyg, em intervalos de 5 horas. O último gráfico reúne, de forma integrada, todas observações. Fonte. Autor.

A técnica empregada foi a fotometria relativa ou diferencial, que permite medir o brilho de uma estrela (A) em relação a uma outra no mesmo campo (B) sem conhecer, necessariamente, a magnitude desta última estrela. Para tal análise, empregamos o software comercial *MaxIm DL*, desenvolvido pela *Cyanogen Imaging* para aquisição, processamento e análise de imagens astronômicas. Os dados foram inicialmente processados com as imagens de calibração (bias, dark e flat-field). Em seguida, o software fornece a curva de luz da estrela variável a partir da comparação de, pelo

menos, uma estrela de referência e várias outras de controle, todas no mesmo campo observado (Figura 3). Todas as imagens precisam estar precisamente alinhadas para a medida (contagem) do fluxo, tarefa também realizada pela rotina astrométrica do software. A geometria de um sistema binário com a respectiva curva de luz associada encontra-se ilustrada na Figura 4, obtida a partir do simulador desenvolvido pela Universidade de Nebraska. Fonte: <https://astro.unl.edu/animationsLinks.html>.

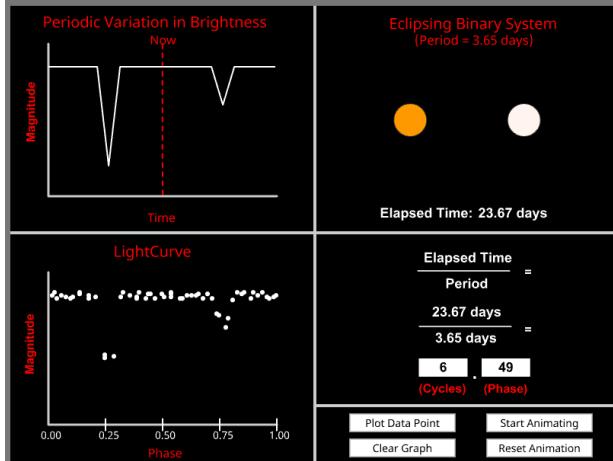


Figura 4: Simulação para um sistema binário eclipsante.

Quadro superior esquerdo: variação periódica do brilho (magnitude x tempo) para o sistema binário composto pelas estrelas do quadro superior direito, com período de 3,65 dias. Quadro inferior esquerdo: curva de luz (pontos) em função do tempo de integração. O número de ciclos transcorridos e a fase são obtidos do tempo transcorrido (TT) de observação e do período (P). Ex.: TT = P = 3,65 dias, temos 1 ciclo e fase = 0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

V*V456 Cyg [TYC 3152-323-1; AN 172.1935; BD+38° 4107, RA = 20h 28m 50.845s, Dec = 39° 09' 13.69" (J2000.0)] foi relatado pela primeira vez como variável por Morgenroth (1935), no qual classificou a mesma como uma estrela do tipo Algol. A primeira referência publicada na literatura quanto ao período surgiu bem mais tarde, com o trabalho de Savedoff (1951), indicando um período de 0,89 dias para este sistema. Alguns anos mais tarde, Whitney (1959) relatou um período com uma melhor precisão, 0,8911906 dias, não muito distante do valor atualmente considerado: 0,8911956 dias. O valor da magnitude na banda V é estimado em $10,85 \pm 0,06$ horas (Hog et al. 2000). Em nosso trabalho, o período foi estimado em $10,88 \pm 0,09$ horas.

Considerando uma variação de 0,2 mag e as temperaturas efetivas de 6000 K no máximo e 5000 K no mínimo (obviamente, esses valores dependem de modelos, não realizados neste trabalho, portanto, apenas como parâmetros de entrada), as luminosidades variam de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann:

$$L_{\max} = 4 \pi R_{\max}^2 \sigma T_{\max}^4 \quad \text{e} \quad L_{\min} = 4 \pi R_{\min}^2 \sigma T_{\min}^4$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann. Logo, em termos das magnitude, teremos:

$$\Delta m = -2,5 \log \frac{L_{\min}}{L_{\max}} = -2,5 \log \frac{4 \pi R_{\min}^2 \sigma T_{\min}^4}{4 \pi R_{\max}^2 \sigma T_{\max}^4} = -5 \log \frac{R_{\min}}{R_{\max}} - 10 \log \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

o que conduz

$$\log \frac{R_{min}}{R_{max}} = -0,2 \Delta m - 2 \log \frac{T_{min}}{T_{max}} = -0,4 - 2 \log \frac{5000}{6000} = -0,24$$

ou seja:

$$\frac{R_{min}}{R_{max}} = 0,57$$

As temperaturas efetivas das estrelas, como descritas acima, podem ser estimadas a partir da espectroscopia, onde a classificação espectral de cada estrela fornece uma estimativa direta de suas temperaturas efetivas com base no tipo espectral. De acordo com a literatura, temos A2V e A8V (Barkis et al. 2014). Os índices de cor (por exemplo, B–V) também podem fornecer uma estimativa aproximada das temperaturas das estrelas. Infelizmente, não realizamos a espectroscopia e obtemos apenas a curva de luz no filtro V. A profundidade do eclipse secundário também fornece a temperatura relativa das duas estrelas. Se as estrelas forem de tamanho semelhante, quanto mais profundo o eclipse secundário, maior a diferença de temperatura entre as estrelas. Em alguns casos, modelar a curva de luz durante o eclipse secundário, quando uma estrela passa atrás da outra, também pode fornecer vínculos nas razões de temperatura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas estrelas carecem de observações dedicadas (fotométricas e espectroscópicas) para um completo estudo astrofísico. No caso particular da fotometria, o resultado obtido ratifica a viabilidade de um programa observational de estrelas variáveis no OAA/MACT dentro da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios) financiada pela FAPESB (Universal FAPESP/SECTI N.012/2022, proj. 5017/2022) e UEFS/PPPG (FINAPESQ 01/2021, 01/2023). Portanto, apontamos uma excelente perspectiva de pesquisa no campo estelar, na qual deverá ser acompanhada de algumas diretrizes observacionais básicas, por exemplo, (i) que os alvos selecionados devem respeitar os limites de magnitude na banda V (visual) para os telescópios: MEADE (<12,0 mag) e CDK20 (<16,0 mag), (ii) que as cúpulas dos respectivos telescópios não devem ser abertas em condições climáticas desfavoráveis às observações CCD, fotométricas e/ou espectroscópicas e (iii) que os limites de declinação sejam respeitados, $+40^\circ < \delta < -65^\circ$, em função da latitude geográfica do sítio ($12,27^\circ$ S).

REFERÊNCIAS

BAKIS V., HENSBERGE H., BILIR S., et al., 2014, Study of eclipsing binary and multiple systems in OB associations. II. The Cygnus OB region: V443 Cyg, V456 Cyg, and V2107 Cyg.. *Astron. J.*, 147, 149.

CARROLL, B. W., OSTLIE, D. A. 2017. *An Introduction to Modern Astrophysics* 2nd Edition, Cambridge University Press, 1359 p.

HOG E., FABRICIUS C., MAKAROV V.V., URBAN S., CORBIN T., WYCOFF G., Morgenroth, O., 1935, 23 neue Veränderliche, *Astronomische Nachrichten*, volume 255, p.425

SAVEDOFF, M. P. 1951, On $(e \cos\omega)$ for eclipsing binaries. *Astronomical Journal*, Vol. 56, p. 1-9.

WHITNEY, B.S., 1959, Minima and periods of eclipsing stars. *Astronomical Journal*, Vol. 64, p. 258-265 (1959)