IDENTIFICAÇÃO DE ESTRELAS BES

Danilo Della Torres (PIBIC/FA), Marcelo Emilio (Orientador), e-mail: marcelo_emilio@yahoo.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Geociências.

Astronomia: Astrofísica Estelar.

Palavras-chave: fotometria, física estelar, astrofísica observacional.

Resumo

O projeto consistiu na busca de novas estrelas que apresentam o fenômeno Be, caracterizado por alta rotação, pulsações não radiais, ejeções de massa e a presença de linhas de Balmer em seu espectro. Encontrá-las contribuiria para o estudo deste fenômeno, que ocorre em estrelas do tipo espectral B e que ainda não é claramente justificado. A procura das estrelas foi feita nos aglomerados NGC 1647, NGC 1746 e NGC 1817, que fazem parte da Campanha 13 da missão Kepler K2, a partir de dados coletados do catálogo do Gaia DR2. Os dados foram tratados para retirar a fotometria ruim e foram produzidos diagramas cor-cor do tipo G_{BP}-G_{RP}, correspondentes às bandas integradas do Gaia e que funcionam como diagramas Hertzsprung-Russell. Após uma inviabilidade de obtenção de espectros do telescópio LAMOST, passou-se a estudar os diagramas HR feitos pelo site do VOSA das mesmas estrelas, que retornou valores de idade e massa de cada estrela individualmente. Foi encontrada uma estrela Be no aglomerado NGC 1647, denominada HD 30123. Foi possível determinar a distância e idade dos aglomerados com precisão maior que na literatura atual.

Introdução

O projeto tinha como objetivo analisar aglomerados estelares abertos utilizando-se dos dados do *Gaia Data Release* 2 (Gaia DR2) e do telescópio LAMOST (*Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope*). A análise procurou identificar estrelas pertencentes aos aglomerados que apresentavam o fenômeno Be.

Uma estrela Be é definida como uma estrela não supergigante do tipo espectral B cujo espectro tem, ou teve em algum momento, uma ou mais linhas de emissão de Balmer (RIVINIUS *et al*., 2013). Além disso, sabe-se que elas apresentam pulsações não radiais (PNR), rotação rápida, com velocidade próxima à crítica; e que ejetam matéria na região do equador, formando um disco circunstelar de gás.

Estas características podem estar presentes em uma estrela por apenas certo período e então desaparecer, portanto, diz-se que uma estrela apresenta, ou já apresentou, o fenômeno Be. A razão de uma estrela começar a apresentar estas características ainda é desconhecida.

Expandindo de sua definição formal, o fenômeno Be é visto desde estrelas *late O* até *early A* e classe de luminosidade V-III (EMILIO *et al*., 2010), isto é, de anãs a gigantes. Estrelas anãs são aquelas que pertencem à sequência principal, uma região do diagrama Hertzsprung-Russell (HR), que compara a luminosidade de uma estrela, em unidades solares, com sua temperatura superficial, de acordo com a classificação espectral de Harvard, onde as estrelas do tipo O são as mais quentes e as de tipo M são as mais frias. A sequência principal é o conjunto de estrelas mais comuns, que estão em sua fase de converter hidrogênio em hélio (CARMO, 2008).

ISSN 1676-0093

Para o diagrama HR com dados experimentais deve-se realizar um diagrama cor-cor utilizando os valores de intensidade de uma estrela em filtros de luz diferentes. Utilizou-se os dados de fluxo de luz disponibilizados no Gaia DR2, que consiste na fotometria banda G (330-1050 nm) e os fluxos integrados de espectrofotometria BP e RP, *blue photometer* e *red photometer*, respectivamente, que são expressos pelas bandas G_{BP} (330-680 nm) e G_{RP} (630-1050 nm). Ao realizar um diagrama cor-cor do tipo $G_{BP} - G_{RP}$ obtêm-se um resultado próximo ao de um diagrama HR, pois a diferença entre G_{BP} e G_{RP} indica a temperatura de uma estrela.

Material e Métodos

A seleção dos aglomerados abertos foi feita entre as declinações 0° e +20°, que leva em consideração a interseção das regiões do céu de observação do telescópio LAMOST, na China, e dos telescópios do Observatório do Pico dos Dias (OPD), em Brazópolis, Minas Gerais. Dessa forma, os resultados obtidos na pesquisa podem ser estudados no Brasil. Foram escolhidos os aglomerados NGC 1647, NGC 1746 e NGC 1817, que fazem parte da Campanha 13 do Kepler K2, do qual o Observatório Astronômico da UEPG possui dados.

Os dados para os três aglomerados foram obtidos com o Gaia DR2, onde foram aplicados filtros (BABUSIAUX *et al*., 2018, p. 3) para a construção de diagramas HR confiáveis. Em seguida, foi feito com um histograma de frequências das distâncias das estrelas até a Terra para investigar quais estrelas fazem parte do aglomerado, dado que para uma mesma linha de visão, podem haver estrelas dispersas.

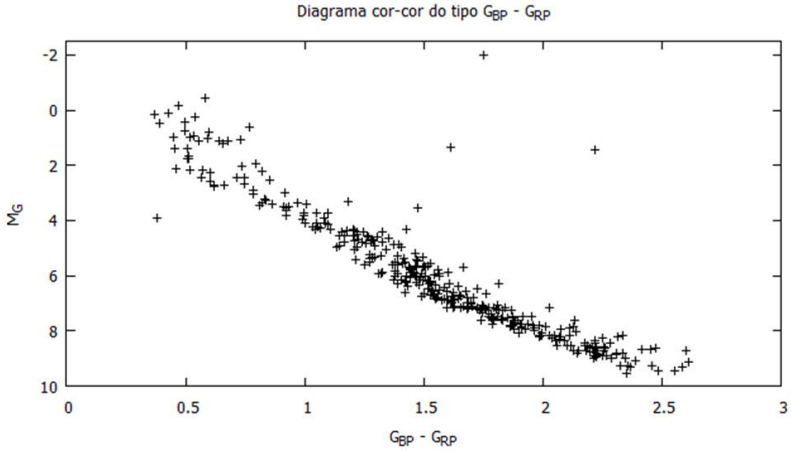
Ao determinar uma ausência de espectros de estrelas quentes no catálogo do LAMOST, houve uma mudança na investigação dos aglomerados e passou-se a usar o VOSA (*Virtual Observatory Sed Analyzer*), uma ferramenta projetada para realizar análises fotométricas usando diversos catálogos de diferentes comprimentos de onda, executar testes estatíticos de modelos teóricos, calcular sua fotometria sintética, gerar um diagrama HR com os parâmetros estimados e dar uma estimativa de massa e idade para cada estrela.

Resultados e Discussão

Com as 367 estrelas selecionadas no NGC 1647, calculou-se a distância até seu centro, dada por 591 ± 34 parsecs (pc). O valor aceito atualmente para essa medida é de 539 pc (KHARCHENKO *et al*., 2005).

Com as intensidades das bandas G_{BP} e G_{RP} e os valores de magnitude absoluta para essas estrelas, o diagrama $G_{BP} - G_{RP}$ da Figura 1 foi construído.

Figura 1 – Diagrama HR feito para as estrelas do aglomerado NGC 1647.



M_G é a magnitude absoluta da estrela na banda G.
Fonte: O autor.

O diagrama relaciona a temperatura das estrelas (eixo horizontal) com sua luminosidade (eixo vertical). O arranjo vertical dos dados indica a sequência principal. A partir do diagrama feito pelo VOSA foi estimada a idade do aglomerado, que resultou em aproximadamente trezentos milhões de anos. A grandeza utilizada em astronomia é o logaritmo desse valor, isto é, o *log(age)*, que resultou em 8,538. A medida atual desse valor, dado pela base de dados de aglomerados estelares WEBDA, é de 8,158. Os dois valores mostram que o aglomerado é jovem.
Do WEBDA, há uma estrela Be no aglomerado, de identificador HD 30123, correspondente ao ponto de maior valor de M_G na Figura 1, mas que não possui valor para sua idade. Ela possui tipo espectral B8 III (SVOLOPOULOS, 1962), considerada uma gigante. A Tabela 1 apresenta uma compilação dos dados obtidos do Gaia e do VOSA.

Tabela 1 – Dados da estrela Be HD 30123.

RA (°)	DEC (°)	Distância (pc)	μ_{α^*}	μ_δ	Log g
71,39451619	19,32829113	603,494 ± 19,248	-1,314522576 ± 0,085254581	-1,380904923 ± 0,046020101	3,5
Teff (K)	**Massa (MΘ)**	**Log(L/LΘ)**	**Raio (RΘ)**	**Metalicidade**	**-**
8000 ± 125	3,4760 ± 0,7521	2,0414 ± 0,2809	7,9780 ± 0,6431	-2,5	-

Θ indica que a grandeza é medida em unidades solares, μα* é o movimento próprio da estrela na direção da ascenção reta, μδ é o movimento próprio na direção da declinação e log g representa o logaritmo da gravidade da superfície.
Fonte: Gaia DR2 e VOSA.

Para o aglomerado NGC 1746, o histograma de frequências feito mostrou duas concentrações de estrelas próximas, mas a medida atual da distância do aglomerado é de 760 pc (KHARCHENKO *et al*., 2005), portanto, foi considerada a concentração mais próxima a esse valor para o aglomerado. Com as 214 estrelas selecionadas, a distância calculada até o centro do aglomerado foi de 743 ± 37 pc. Processos análogos ao anterior foram realizados, o *log(age)* calculado da idade das estrelas mais quentes resultou em 8,05. A medida dada pelo WEBDA é de 8,19. Não foram obtidas informações que indiquem a existência de uma estrela com o fenômeno Be.
Para a NGC 1817, apenas 83 estrelas foram selecionadas. A distância até o centro do aglomerado calculada foi de 1840 ± 84 pc, sendo que a medida atual é de 1972 pc (KHARCHENKO *et al*., 2005). O cálculo de *log(age)* da idade das estrelas mais quentes resultou em 8,506, enquanto que o valor dado pelo WEBDA é de 8,612. Não foram obtidas informações que indiquem a existência de estrelas com o fenômeno Be nesse aglomerado.

Conclusão/ões

Apesar da troca da análise de espectro do LAMOST para os modelos estatísticos do VOSA, ainda foi possível identificar uma estrela Be do aglomerado NGC 1647, a HD 30123. Vários dados pertinentes sobre a estrela foram coletados e podem ser usados em pesquisas futuras. Agora, é possível utilizar os dados do satélite Kepler para validar as medidas e prosseguir a investigação dessa estrela.

Os cálculos de distância e idade dos aglomerados estão atualizados com o lançamento do Gaia DR2, que oferece alta qualidade dados. É possível que os valores calculados sejam mais precisos que os antigos. Há a exceção da medida da idade do aglomerado NGC 1647, que ficou consideravelmente acima do valor da literatura atual (equivalente a duzentos milhões de anos mais velho).
O fato de todos os aglomerados serem jovens é pertinente para a possibilidade de uma estrela B passar a apresentar o fenômeno Be, dado que estrelas mais quentes têm menos tempo de vida.

Agradecimentos
Agradeço à Fundação Araucária e a todos que trabalharam comigo no Observatório Astronômico durante este ano.

Referências
RIVINIUS, T.; CARCIOFI, A. C.; MARTAYAN, C. Classical Be Stars: Rapidly Rotating B Stars with Viscous Keplerian Decretion Disks. **The Astronomy and Astrophysics Review**, v. 21, n. 1, art. 69 nov. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00159-013-0069-0. Acesso em: 29 ago. 2018.

CARMO, T. A. S. do. **Espectroscopia de Estrelas Be nos aglomerados NGC 4755 e NGC 6530**. 2008, 86f. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de concentração Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

EMILIO, M.; ANDRADE, L.; JANOT-PACHECO, E. *et al*. Photometric variability of the Be star CoRoT-ID 102761769. **Astronomy & Astrophysics**, v. 552, art. A43, nov. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1051/0004-6361/201014081. Acesso em: 29 ago. 2018.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia – Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. 810 p. Disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf. Acesso em: 29 ago. 2018.

BABUSIAUX, C. *et al*. Gaia Data Release 2: Observational Hertzsprung-Russell diagrams. **Astronomy & Astrophysics**, v. 616, art. A10, ago. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1051/0004-6361/201832843. Acesso em: 19 nov. 2018.

SVOLOPOULOS, S. N. Spectral Classification in Nine Open Clusters. **Astrophysical Journal**, v. 136, p. 788, nov. 1962. Disponível em: https://doi.org/10.1086/147436. Acesso em: 29 jul. 2019.

KHARCHENKO, N. V. *et al*. Astrophysical parameters of Galactic open clusters. **Astronomy and Astrophysics**, v. 438, n. 3, p. 1163-1173, ago. 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1051/0004-6361:20042523. Acesso em: 11 mai. 2018.