

FORMAÇÃO ESTELAR: UMA REVISÃO

Bianca Lazareto¹, Deidimar Alves Brissi²

¹Graduanda em Licenciatura em Física, IFSP, Campus Birigui, bia.lazareto@gmail.com

² Professor de Física do IFSP, Campus Birigui, Deidimar@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.04.02.00-4 Astrofísica Estelar

RESUMO: As estrelas são grandes esferas de plasma, cuja fonte de energia é a fusão nuclear do hidrogênio. Elas possuem massa entre $0,08 M_{\odot}$ e $100 M_{\odot}$ e temperatura entre 2500 K e 30000 K. Elas são formadas em imensas nuvens de gás e poeira, denominadas nuvens moleculares, por meio de fenômenos gravitacionais, que resulta na formação de regiões de maior densidade, onde forma-se um disco de acreção. Ao iniciar a ignição do hidrogênio a estrela se encontra na fase da sequência principal e as fases seguintes a essa irão depender da massa inicial da estrela. Neste trabalho foi feita ampla pesquisa bibliográfica sobre formação, estrutura e evolução estelar e nuvens moleculares em livros e artigos visando compreender como ocorre a formação estelar. Estudar a composição, massa, evolução e outras características das estrelas em formação é de grande importância para a compreensão do universo e origem da vida.

PALAVRAS-CHAVE: evolução estelar; nuvens moleculares; meio interestelar; estrelas.

STAR FORMATION: A REVIEW

ABSTRACT: Stars are large spheres of plasma, whose energy source is the nuclear fusion of hydrogen. They have a mass between $0.08 M_{\odot}$ and $100 M_{\odot}$ and a temperature between 2500 K and 30000 K. They are formed in immense clouds of gas and dust, called molecular clouds, through gravitational phenomena, which results in the formation of regions of greater density, where an accretion disk is formed. When the ignition of hydrogen starts, the star is in the main sequence phase and the phases following this will depend on the star's initial mass. In this work, extensive bibliographic research on formation, structure and stellar evolution and molecular clouds was done in books and articles in order to understand how star formation occurs. Studying the composition, mass, evolution and other characteristics of stars in formation is of great importance for understanding the universe and the origin of life.

KEYWORDS: stellar evolution; molecular clouds, interstellar médium, stars.

INTRODUÇÃO

As estrelas são grandes esferas de gás ionizado, cuja fonte de energia é a fusão nuclear do hidrogênio. Elas possuem massa entre $0,08 M_{\odot}$ e $100 M_{\odot}$ e temperatura entre 2.500 K e 30.000 K. Elas são formadas em imensas nuvens de gás e poeira, denominadas nuvens moleculares por meio de instabilidades, como explosão de supernova nas proximidades, que resulta na formação de regiões de maior densidade, onde forma-se um disco de acreção (KARTTUNEN, 2016).

Quando a região central densa atinge o equilíbrio hidrostático surge uma protoestrela (MACIEL, 1999). É necessário que a protoestrela atinja uma massa igual ou maior que $0,08 M_{\odot}$, do contrário a

temperatura não seria suficiente para que ocorra a queima do hidrogênio e, dessa forma, a protoestrela não se torna uma estrela, dando origem a uma anã marrom (EDDINGTON, 1954).

Ao iniciar a ignição do hidrogênio a estrela se encontra na fase da sequência principal e as fases seguintes a essa irão depender da massa inicial da estrela. Se a estrela tiver entre $0,08 M_{\odot}$ e $10 M_{\odot}$ depois de consumir seu hidrogênio ela se tornará uma gigante, em seguida uma supergigante e por fim ela ejetará uma nebulosa planetária e se tornará uma anã branca. Se a estrela tiver massa entre $10 M_{\odot}$ e $25 M_{\odot}$ ela passará pela fase de supergigante e no fim ela ejetará grande parte de sua massa numa explosão de supernova e se tornará uma estrela de nêutrons. Se a estrela tiver entre $25 M_{\odot}$ e $100 M_{\odot}$, após a explosão de supernova ela se tornará um buraco negro (OLIVEIRA FILHO, 2009).

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica visando compreender como ocorre a formação estelar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi feita ampla pesquisa bibliográfica sobre formação, estrutura e evolução estelar e nuvens moleculares em livros e artigos.

Os livros utilizados foram: Astronomia e Astrofísica (OLIVEIRA FILHO, 2009); Introdução à Estrutura e Evolução Estelar (MACIEL, 1999); Astrofísica do Meio Interestelar (MACIEL, 2002); Fundamental Astronomy (KARTTUNEN, 2016); The Internal Construction of the Stars (EDDINGTON, 1954); The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium (TIELENS, 2005); Physics and Chemistry of the Interstellar Medium (KWOK, S., 2007).

Os artigos consultados foram: Formação estelar no complexo de nuvens moleculares em Monoceros (GAMA, D., 2012); Chandra Observations of High-Mass Young Stellar Objects in the Monoceros R2 Molecular Cloud (KOHNO et al., 2002); High-Energy Processes in Young Stellar Objects (FEIGELSON, 1999).

Também foi utilizada a dissertação de mestrado de Diana Renata Gonçalves Gama: formação estelar no complexo de nuvens moleculares em Monoceros (GAMA, 2012)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço que permeia as estrelas é chamado de meio interestelar e ele é constituído de gás e poeira. Existem diversos tipos de meios interestelares, cada qual com suas características. São eles: nebulosas de reflexão, que são regiões que refletem a luz de estrelas próximas; remanescentes de supernova, que são regiões formadas pelo material ejetado em explosões de estrelas no fim de suas vidas; regiões HII que são nebulosas formadas por gás ionizado influenciado por estrelas jovens massivas e quentes; nuvens moleculares, que são regiões densas de gás molecular que absorvem a luz visível e onde ocorre a formação de estrelas. (TIELENS, 2005)

O meio interestelar é composto de gás, moléculas e poeira. A poeira absorve e espalha a luz das estrelas. As moléculas são formadas em regiões mais densas. Entretanto o gás está organizado em algumas fases e essas fases serão apresentadas a seguir:

- Gás neutro: está localizado em ambientes quentes intra-nuvens ou em nuvens HII frias difusas na forma atômica;

- Gás coronal: aquecido e organizado por choques impulsionados por ventos estelares e explosões de supernovas;

- Gás ionizado: gás de baixa densidade que sofre incidência direta de radiação ultravioleta e raios cósmicos;

- Gás molecular: localizado em nuvens escuras e nuvens moleculares gigantes, formando sítios de formação estelar ativa.

Estudar as nuvens moleculares - suas características, propriedades - permite conhecer os estágios de formação estelar, sobretudo os iniciais.

O colapso gravitacional das nuvens moleculares leva a formação de pequenas condensações e o estudo dessas regiões torna possível compreender melhor os estágios iniciais de formação de estrelas de pequenas massas. Essas condensações (Figura 1) são classificadas da seguinte forma:

- *starless core*: gás e poeira concentrada, sem a presença de estrelas;
- *prestellar core*: densidades maiores, mas ainda sem estrelas;
- *protostar*: protoestrelas

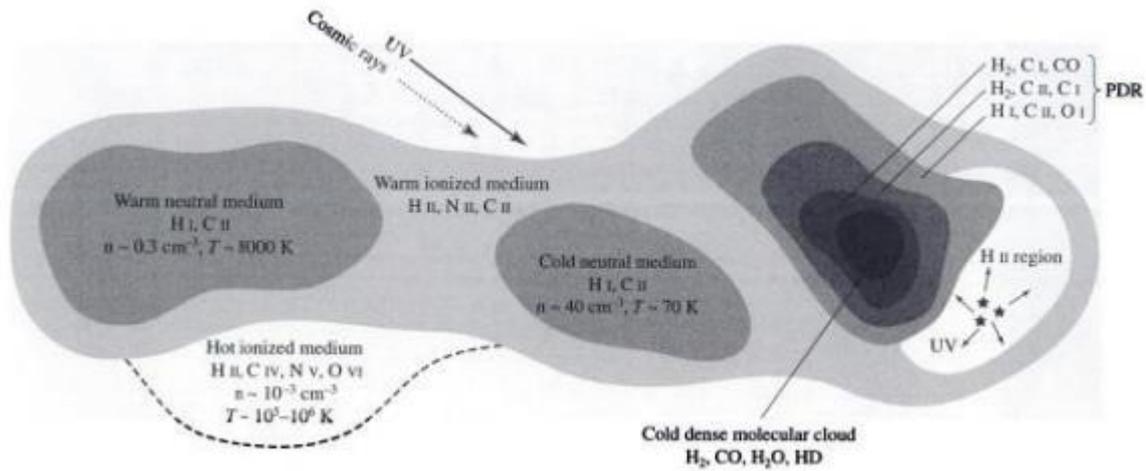


Figura 1: Diagrama das fases do meio interestelar. Esse esquema ilustrativo mostra as fases do meio interestelar, sua composição e temperatura. Fonte: KWOK, 2007.

A formação estelar é um processo complexo onde se interligam as diferentes fases, desde grandes complexos de nuvens moleculares gigantes até formar a região HII (Figura 2).

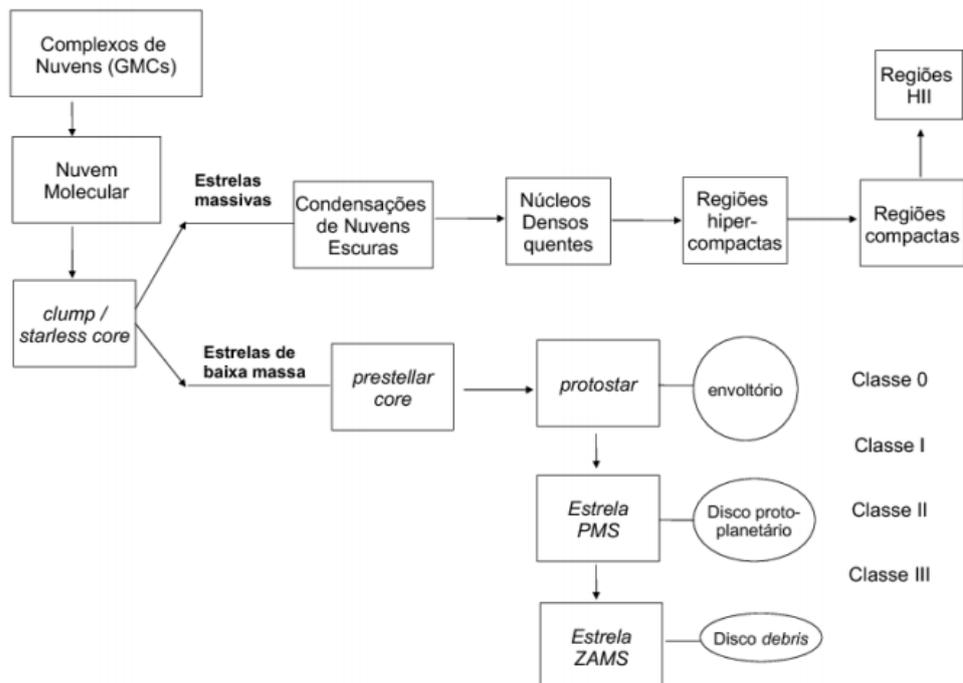


Figura 2: Esquema ilustrativo das diferentes etapas de formação estelar. Os detalhes das etapas de formação de estrelas massivas são menos conhecidos do que no caso das estrelas de baixa massa. Fonte: GAMA, 2012.

Para estudar os estágios iniciais de formação estelar é necessário buscar por estrelas jovens e uma das formas de encontrá-las é através da detecção de raios-X (Figura 3), pois a emissão de raio-X está associada com atividade magnética e estrelas jovens possuem intensos processos energéticos (KOHNO et al., 2002).

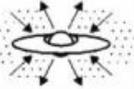
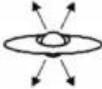
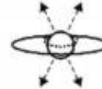
PROPERTIES	<i>Infalling Protostar</i>	<i>Evolved Protostar</i>	<i>Classical T Tauri Star</i>	<i>Weak-lined T Tauri Star</i>	<i>Main Sequence Star</i>
SKETCH					
AGE (YEARS)	10^4	10^5	$10^6 - 10^7$	$10^6 - 10^7$	$> 10^7$
mm/INFRARED CLASS	Class 0	Class I	Class II	Class III	(Class III)
DISK	Yes	Thick	Thick	Thin or Non-existent	Possible Planetary System
X-RAY	?	Yes	Strong	Strong	Weak
THERMAL RADIO	Yes	Yes	Yes	No	No
NON-THERMAL RADIO	No	Yes	No ?	Yes	Yes

Figura 3: Características das etapas pré-sequência principal e as categorias estabelecidas com observações milimétricas e no infravermelho. Fonte: FEIGELSON MONTMERLE, 1999.

CONCLUSÕES

O estudo das fases iniciais de formação estelar dará informações sobre como será a estrutura dessa estrela no final e a influência que ela trará para o meio interestelar, pois são delas que saem os materiais que compõem o meio. Estudar a composição, massa, evolução e outras características das estrelas em formação é de grande importância para a compreensão do universo e origem da vida.

O estudo das nuvens moleculares é fundamental para entender a formação estelar, pois o colapso gravitacional nessas nuvens leva a formação de pequenas condensações que dão origem as estrelas. Essas nuvens são formadas por gás, poeira e moléculas e possuem diferentes tamanhos, composições e taxas de formação estelar.

Este trabalho terá continuidade após a pandemia com a utilização de bancos de dados para a procura de candidatos à objetos estelares jovens.

REFERÊNCIAS

GAMA, Diana Renata Gonçalves. Formação estelar no complexo de nuvens moleculares em Monoceros. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

EDDINGTON, A. S. 1926, **The Internal Construction of the Stars**. Cambridge University Press, Cambridge reprinted in 1954

FEIGELSON E. D., MONTMERLE T., **High-Energy Processes in Young Stellar Objects**, ARA&A, 1999, vol. 37, p. 363

GAMA, D., **Formação estelar no Complexo de Nuvens Moleculares em Monoceros**. Disponível em https://teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-29062012-100922/publico/dissert_mestr_diana.pdf. Acesso em Setembro de 2020.

KARTTUNEN, Hannu et al. (Ed.). **Fundamental astronomy**. Springer, 2016.

KOHNO M., Koyama K., Hamaguchi K., **Chandra Observations of High-Mass Young Stellar Objects in the Monoceros R2 Molecular Cloud**, apJ, 2002, vol. 567, p.423

KWOK S., **Physics and Chemistry of the Interstellar Medium**, 2007

MACIEL, J.W. **Introdução à Estrutura e Evolução Estelar**. 1. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

MACIEL, J. W. **Astrofísica do Meio Interestelar Vol. 41**. Edusp, 2002.

OLIVEIRA FILHO, S. K.; SARAIVA, M. F. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Editora da UFRS, 2000. Janeiro: LTC, 2009

TIELENS A. G. G. M., **The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2005, p. 495