

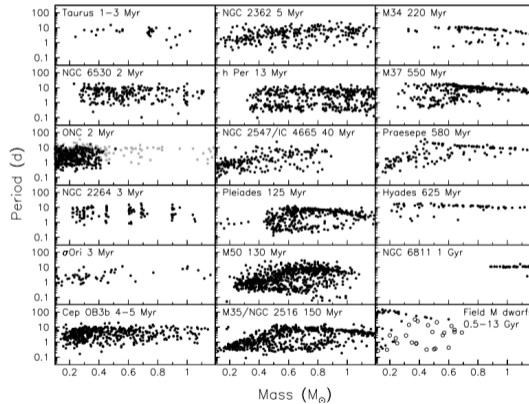
ROTAÇÃO EM ESTRELAS JOVENS DE BAIXA MASSA

Mateus C. Ramos
Dr^a. Maria Jaqueline Vasconcelos
II Workshop Avaliação PROFÍSICA
Universidade Estadual de Santa Cruz,
Ilhéus - BA, Brasil

9 de julho de 2020

- Introdução
- Motivação
- Modelos
- Resultados: Modelo M1
- Resultados: Modelo M2
- Conclusões
- Perspectivas

- Observam-se velocidades menores e períodos mais longos.



Fonte: Bouvier et al.(2014)

- Mecanismos de perda de J na PMS e MS.
- Dados observacionais e modelos de evolução de J.
- Allain (1998), Gallet e Bouvier (2013).
- Processos físicos e evolução.

- Interação entre a estrela e o seu disco de acreção durante a PMS (M1, M2, M3, M4 e M5).
- A perda de momento angular através de ventos estelares magnetizados (M2, M3, M4 e M5).
- Redistribuição do momento angular no interior da estrela (M2, M3, M4 e M5).
- Variação de parâmetros fundamentais (M3, M4, M5)

- Utilização do método de Monte Carlo.
- Evoluímos de 50.000 a 300.000 estrelas.
- Intervalo de 1 até 550 milhões de anos.
- Cinco modelos distintos de simulações: M1, M2, M3, M4 e M5.
- Modelo de zona dupla.

A tabela a seguir mostra a variação nos parâmetros dos modelos.

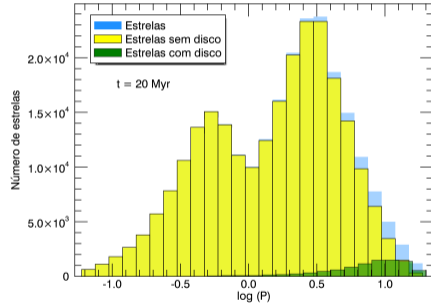
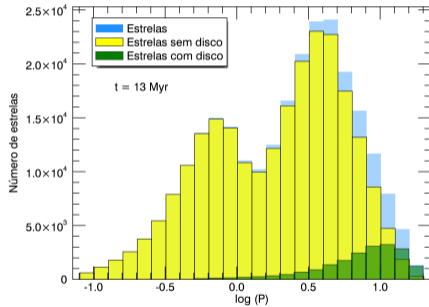
Modelos							
	Estrelas com disco		Estrelas sem disco		τ_{ce} (10^6 anos)	J	t_{th} (10^6 anos)
	$\langle P_d \rangle$ (dias)	σ_d (dias)	$\langle P_{dl} \rangle$ (dias)	σ_{dl} (dias)			
M1	8	6	3	2	não se aplica	constante*	2.2
M2	8	6	3	2	30	variável	2.2
M3	7	3	2	4	30	variável	2.2
M4	7	3	2	4	30	variável	variável
M5	7	3	2	4	variável	variável	variável

*Para as estrelas sem disco.

- Estrela com disco $\rightarrow \omega$ constante e J variável (M1, M2, M3, M4 e M5)
- Estrela sem disco $\rightarrow \omega$ variável e J constante (M1)
- Estrela sem disco $\rightarrow \omega$ variável e J variável (M2, M3, M4 e M5)

Resultados

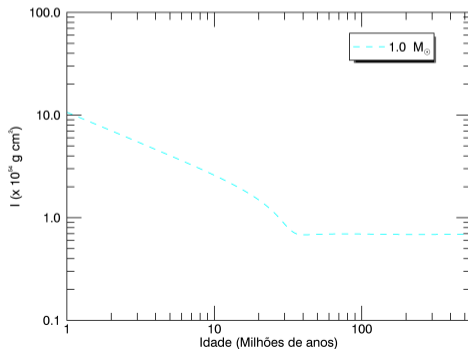
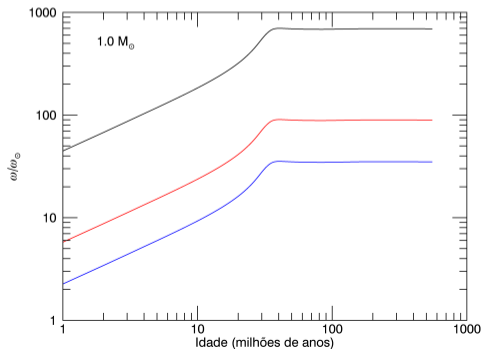
Modelo M1: Distribuição do Período



Resultados

Modelo M1: Evolução de ω

$$P(t) = P(t - \Delta t) \frac{I(t)}{I(t - \Delta t)}$$



Resultados

Modelo M2: Mecanismos de Perda e Troca de J

- Interação entre a estrela e seu disco de acreção ($\omega = \text{constante}$).
- Crescimento do núcleo radiativo.
- Perda de momento angular através de ventos estelares magnetizados.
- Redistribuição do momento angular no interior da estrela.

- Evolução para o envelope:

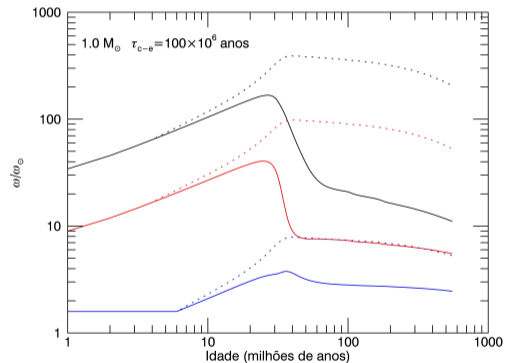
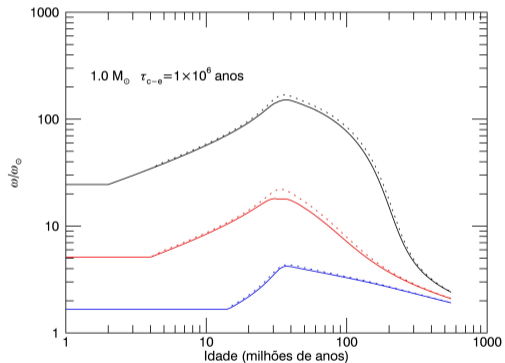
$$\frac{d\omega_{conv}}{dt} = \frac{1}{I_{conv}} \frac{\Delta J}{\tau_{c-e}} - \frac{2}{3} \frac{R_{rad}^2}{I_{conv}} \omega_{conv} \frac{dM_{rad}}{dt} - \frac{dI_{conv}}{dt} \frac{\omega_{conv}}{I_{conv}} - \frac{j}{I_{conv}}$$

- Evolução para o núcleo:

$$\frac{d\omega_{rad}}{dt} = -\frac{1}{I_{rad}} \frac{\Delta J}{\tau_{c-e}} + \frac{2}{3} \frac{R_{rad}^2}{I_{rad}} \omega_{conv} \frac{dM_{rad}}{dt} - \frac{dI_{rad}}{dt} \frac{\omega_{rad}}{I_{rad}}$$

Resultados

Evolução de ω para M2



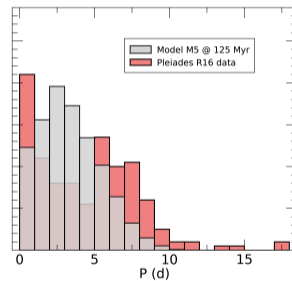
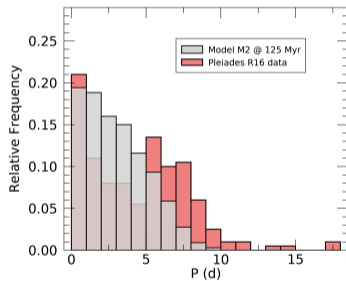
- Características dos aglomerados.

Tabela: Dados dos Aglomerados

Aglomerado	Idade (Milhões de anos)	Critério de Seleção	Catálogo	N	Ref
ÓRION	2	$0.5-1.0 M_{\odot}$	622	68	1
NGC 2264	3	$0.5-1.0 M_{\odot}$	304	53	2
CYG OB2	5	$0.5-1.0 M_{\odot}$	894	258	3
CEP OB3	5	$1.45 \leq V - I \leq 2.25$	704	85	4
NGC 2362	5	$0.5-1.0 M_{\odot}$	272	41	5
USco	11	$2.0 \leq V - K \leq 4.1$	1132	144	6
h Per	13	$0.5-1.0 M_{\odot}$	508	219	7
PLEIADES	125	$1.74 \leq V - K \leq 4.49$	759	200	8
M37	550	$0.76 \leq V - I \leq 2.0$	575	366	9

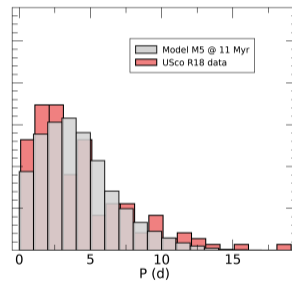
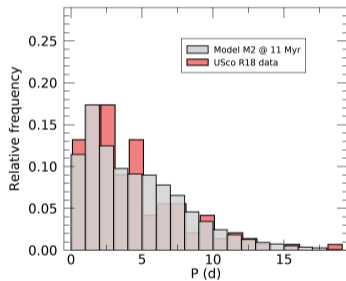
tests KS

Distribuição do Período

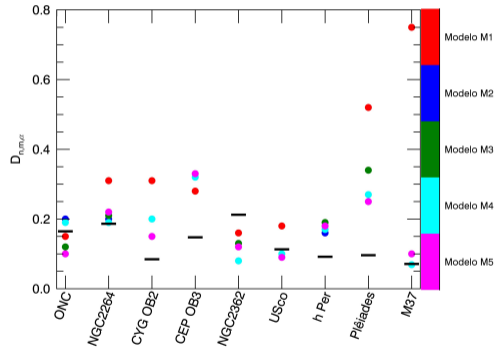


tests KS

Distribuição do Período



Comparação dos Modelos



- Apresentamos os resultados obtidos utilizando simulações de Monte Carlo para síntese de populações estelares. As simulações apresentadas reproduziram algumas propriedades rotacionais de estrelas jovens com $1.0 M_{\odot}$.
- A evolução da velocidade angular para o modelo M1, onde não consideramos mecanismos de troca e perda de momento angular, mostrou que, após a pré sequência principal, a estrela se estabiliza e sua velocidade se torna constante.
- Utilizamos o teste estatístico Kolmogorov Smirnov para verificar se aglomerados estelares representavam a nossa população. Verificamos que, para modelos onde os parâmetros eram constantes, a estatística não apresentou bons resultados para maioria dos aglomerados.

OBRIGADO!

Resultados

Evolução de ω para M2: Diferentes τ_{disc}

