

## 4 – ENXAMES DE ESTRELAS

### Populações Estelares

Ainda antes de falarmos em enxames, convém separar as estrelas nos três grandes **grupos populacionais**, conforme a época do Universo em que se formaram.

De facto, uma vez que a maioria das estrelas tem a massa do Sol ou mais, as suas idades são inferiores a 10 mil milhões de anos. Como o Universo é mais antigo que isto, é de esperar que tenha havido tempo suficiente para que mais do que uma geração de estrelas já tenha aparecido. Assim é, de facto.

Separamos essas “gerações” em populações, consoante a abundância de **metais** de cada uma (Li em diante na tabela periódica): a ideia é que quanto mais metais tiverem na sua composição, mais jovem é a geração, uma vez que estes, quase exclusivamente, têm origem em supernovas.

Assim:

- Pop. III*    *0% metais* (só H e He) – *as primeiras*    (“**mítica**”)
- Pop. II*    *0.01-1% metais* – *velhas, primeira geração*
- Pop. I*     *<3% metais* – *novas, geração actual*    (**inclui o Sol**)

As estrelas de Pop.III ter-se-ão formado durante a época de reionização do Universo, apenas 400 milhões de anos depois do Big Bang. Ainda se procura por elas...

As estrelas de Pop.II incorporaram, na sua formação, já alguns metais resultantes de anteriores supernovas (e nebulosas planetárias), finais da morte de estrelas de Pop.III. Estes materiais existiam nas nuvens que colapsaram para as formar. A percentagem de metais, no entanto, ainda pode ser bem diminuta.

As estrelas de Pop.I (como aconteceu com o Sol), na sua maioria, já não tinham mais nenhum tipo de nuvem formadora disponível, a não ser nuvens “ricas” em metais. Por isso as elevadas percentagens, em alguns casos.

Os metais no Sol são ~2% em massa.

*Composição, em massa, do Sol, segundo os vários elementos químicos.*

<b>Elemento</b>	<b>Abundância (% massa)</b>
H	71
He	27
O	1.0
C	0.4
Fe	0.1
N	0.1
Si	0.1
Mg	0.08
Ne	0.06
S	0.04

Como já vimos, a maior parte das estrelas nasce em binários. Também existem ternários, grupos de quatro estrelas, etc. No entanto, o nome **enxame** só se aplica a um conjunto de 100 ou mais (veremos, no Capítulo 6 que esta convenção também é válida para a definição de enxames de galáxias).

Num enxame, todas as estrelas têm (regra geral) a mesma composição química e a mesma idade. Ou seja, ter-se-ão formado mais ou menos simultaneamente numa mesma nuvem de gás. No entanto, devido às **diferentes massas**, algumas atingirão a morte antes de outras.

Os enxames são ferramentas fantásticas para o estudo da evolução estelar pois:

- i) têm muitas estrelas (estatística)
- ii) estas estão todas à “mesma” distância

Claro que não é bem verdade que estejam todas à mesma distância, mas a 2 kpc, que diferença faz se a dimensão média do enxame é de  $\sim 10$  pc (como é típico)?

Assim, nem precisamos da distância (que nos daria as luminosidades) para construir o diagrama HR. Basta utilizar as **grandezas aparentes**, para o estudo da evolução estelar em enxames.

## 4.1 Enxames abertos (galácticos)

Chama-se a este tipo de enxame **galáctico** pois quase todos estão no disco da Nossa Galáxia.

Um enxame de estrelas **aberto** tem, tipicamente, centenas a milhares de estrelas, distribuídas de uma forma irregular.

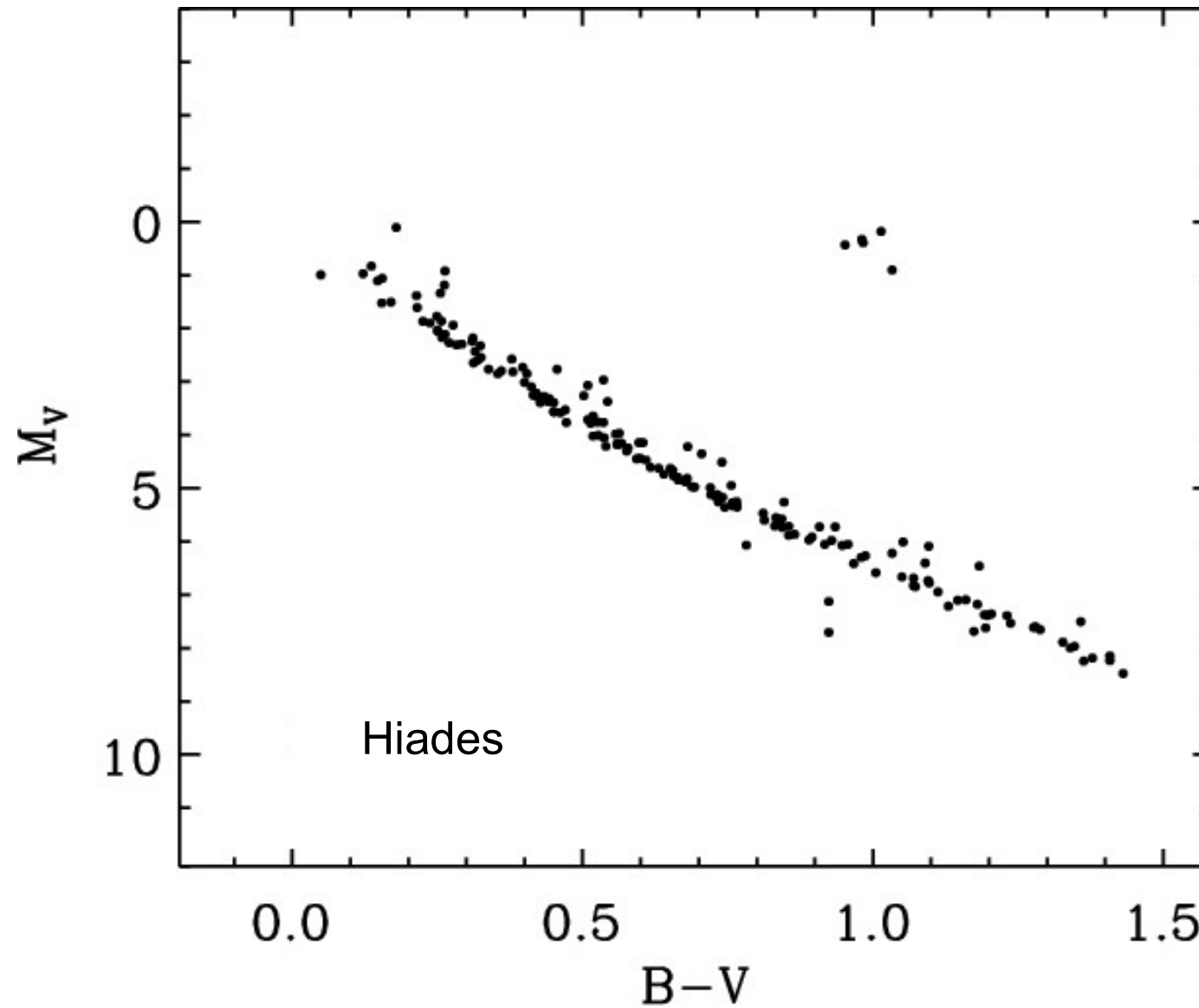
*O enxame aberto **Presépio**.*

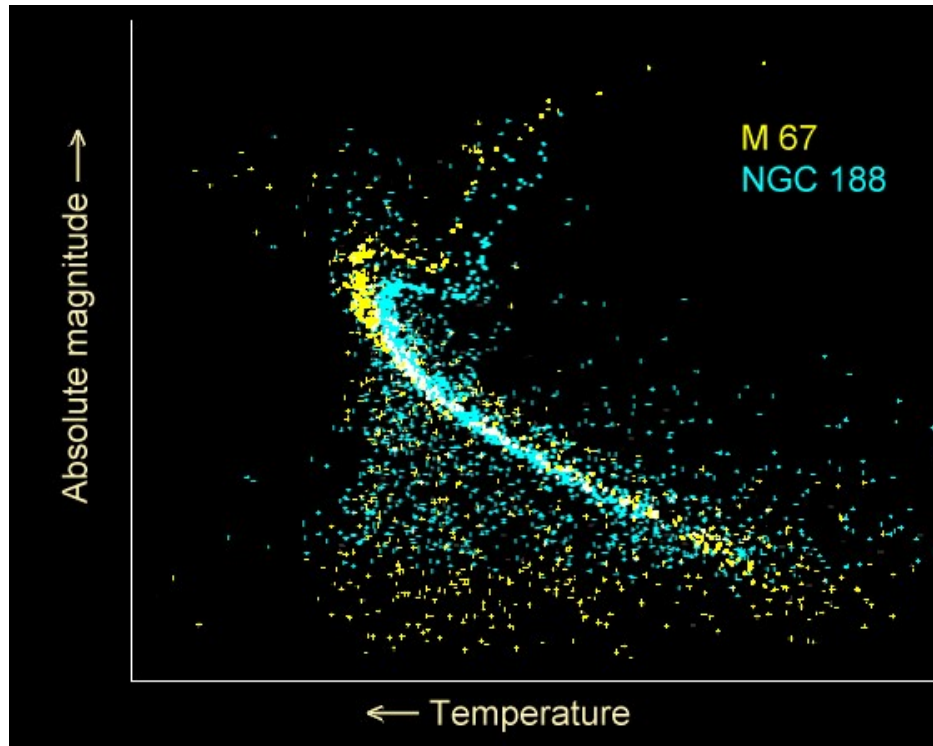


*O enxame aberto **Pléíades**.*



A grande maioria das estrelas é jovem, de Pop.I, encontrando-se, por isso, quase todas ainda na **sequência principal** do diagrama H-R.





*NGC188, um dos mais velhos enxames abertos conhecido.*



*M67, um também muito velho enxame aberto.*

Dias W. S., Alessi B. S., Moitinho A. and Lépine J. R. D., 2002, A&A 389, 871  
“Catálogo de Enxames Abertos”

- 1787 “enxames”
- 127 fora do plano galáctico ( $-15^\circ < b < 15^\circ$ ) (7%)
- O mais próximo a 25 pc (Collinder 285; o “enxame em movimento da Ursa Maior”)
- O mais longe a 15 kpc
- Temos  $\langle d \rangle = 2 \pm 2$  kpc
- O maior mede (no céu) 120 pc
- O mais pequeno mede 0.29 pc
- Temos  $\langle 2R \rangle = 6 \pm 7$  pc





- Dos 981 com idades medidas:

i)  $10^6 - 10^{10}$  anos

ii)  $\langle t \rangle = 10^{8.2 \pm 0.9}$  anos (**jovens**)

- Só 887 têm membros contabilizados:

i) máximo: 220

ii) mínimo: 1 (!)

iii) com mais de cem: 11 (**1%**)  **formalmente, enxames**

iv)  $\langle N \rangle = 18 \pm 20$

## 4.2 Enxames globulares

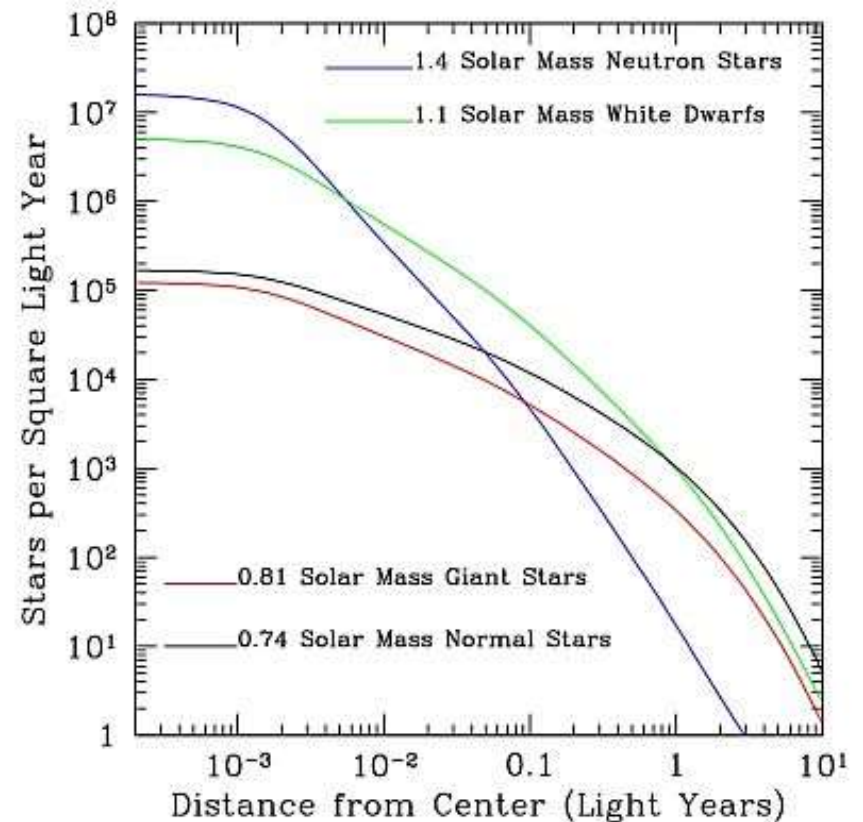
Ao contrário dos enxames abertos, este tipo de enxame distribui-se de uma forma esfericamente simétrica em relação ao centro da galáxia. Ou seja, tanto podem estar no plano galáctico como não. Tipicamente, não estão. Estão, sim, no **halo** da galáxia.

Um enxame de estrelas **globular** tem, tipicamente,  $10^5$ - $10^6$  estrelas, distribuídas de uma forma simétrica e com uma forte concentração central.



O enxame globular M3.

*Um modelo da típica distribuição de estrelas num enxame globular, em função da distância radial e conforme o tipo de estrela.*

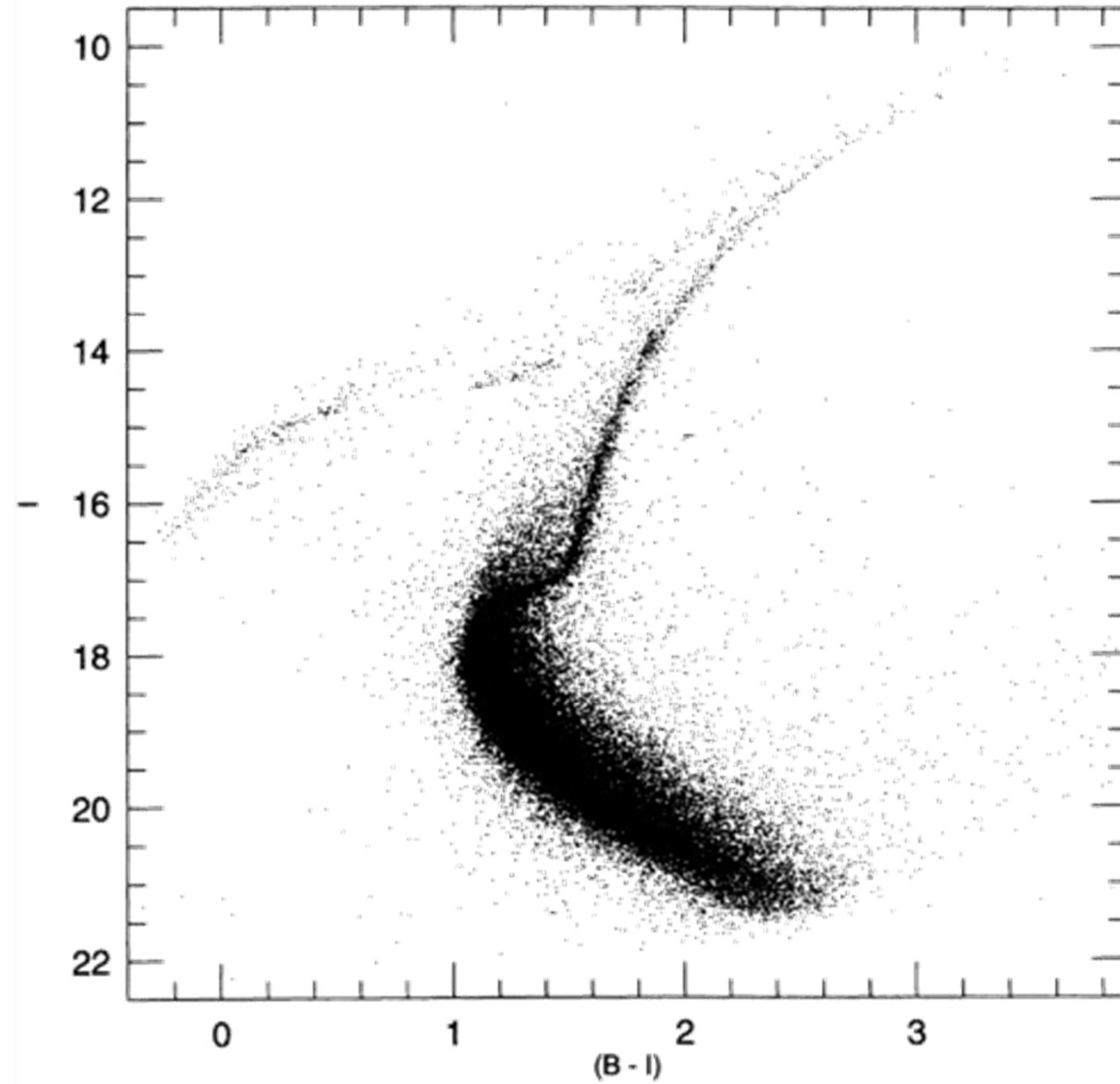


A grande maioria das estrelas é velha, de Pop.II, encontrando-se, por isso, muitas delas fora da **sequência principal** no diagrama H-R (na fase de gigante vermelha ou mais avançada, a caminho de anã branca).



*O enxame globular M5.*

*O diagrama HR do enxame globular M5.*



Mesmo assim, têm-se encontrado exceções. Há enxames globulares com estrelas jovens, possivelmente devido a novos episódios de formação estelar, em princípio devido a grandes influências externas à escala galáctica (por ex: colisão de galáxias).

