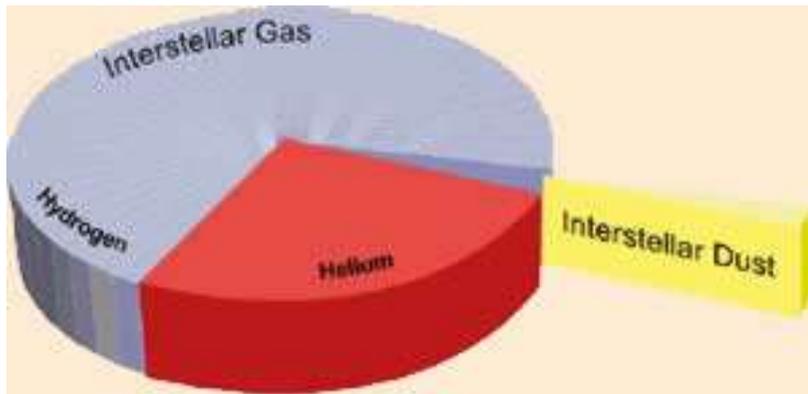


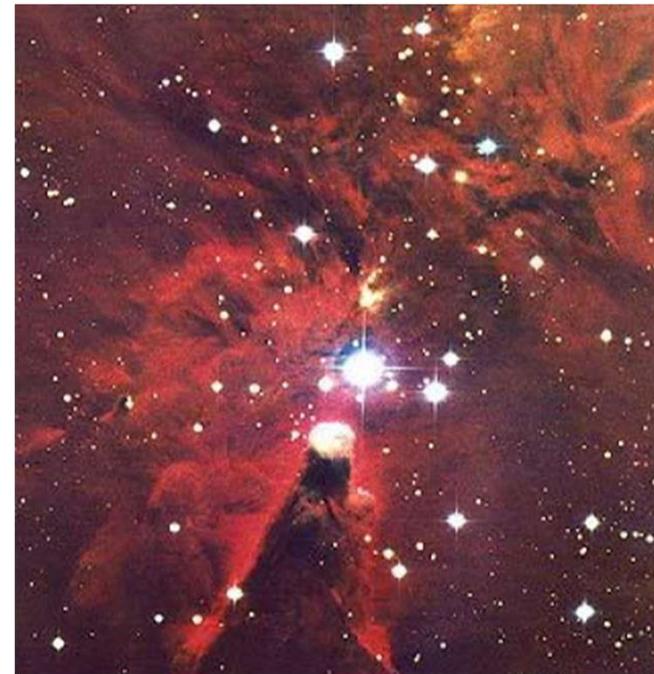
## 5 – A NOSSA GALÁXIA

### 5.1 O meio interestelar

Na Nossa Galáxia as estrelas estão separadas, em média, por cerca de três parsec. O espaço entre elas corresponde ao meio Interestelar (ISM – Interstellar medium, do inglês). Cerca de 99% da composição do ISM são gases (74% Hidrogénio e 25% Hélio) e o restante 1% é poeira interestelar .



*A nebulosa do Cone (o “cone” são, principalmente, poeiras).*



O estudo do ISM ajuda-nos a compreender a formação de galáxias e a sua evolução.

Já se identificaram mais de cem moléculas diferentes no meio interestelar, inorgânicas e orgânicas (incluindo amino-ácidos, alcoóis, etc.).

Diatomic	Triatomic	4 atoms	5 atoms	6 atoms	7 atoms	8 atoms	9 atoms	10 atoms	11 atoms	13 atoms
H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	c-C <sub>3</sub> H	C <sub>5</sub>	C <sub>5</sub> H	C <sub>6</sub> H	CH <sub>3</sub> C <sub>3</sub> N	CH <sub>3</sub> C <sub>4</sub> H	CH <sub>3</sub> C <sub>5</sub> N	HC <sub>9</sub> N	HC <sub>11</sub> N
AlF	C <sub>2</sub> H	I-C <sub>3</sub> H	C <sub>4</sub> H	I-H <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	CH <sub>2</sub> CHCN	HCOOCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		
AlCl	C <sub>2</sub> O	C <sub>3</sub> N	C <sub>4</sub> Si	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> C <sub>2</sub> H	CH <sub>3</sub> COOH	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH		
C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> O	I-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CN	HC <sub>5</sub> N	C <sub>7</sub> H	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
CH	CH <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> NC	HCOCH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> OHCHO	HC <sub>7</sub> N			
CH <sup>+</sup>	HCN	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> CN	CH <sub>3</sub> OH	NH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>		C <sub>8</sub> H			
CN	HCO	CH <sub>2</sub> D <sup>+</sup>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> SH	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O					
CO	HCO <sup>+</sup>	HCCN	HC <sub>3</sub> N	HC <sub>3</sub> NH <sup>+</sup>	CH <sub>2</sub> CHOH					
CO <sup>+</sup>	HCS <sup>+</sup>	HCNH <sup>+</sup>	HC <sub>2</sub> NC	HC <sub>2</sub> CHO						
CP	HOC <sup>+</sup>	HNCO	HCOOH	NH <sub>2</sub> CHO						
CSi	H <sub>2</sub> O	HNCS	H <sub>2</sub> CHN	C <sub>5</sub> N						
HCl	H <sub>2</sub> S	HOCO <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O							
KCl	HNC	H <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> NCN							
NH	HNO	H <sub>2</sub> CN	HNC <sub>3</sub>							
NO	MgCN	H <sub>2</sub> CS	SiH <sub>4</sub>							
NS	MgNC	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> COH <sup>+</sup>							
NaCl	N <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>								
OH	N <sub>2</sub> O	SiC <sub>3</sub>								
PN	NaCN									
SO	OCS									
SO <sup>+</sup>	SO <sub>2</sub>									
SiN	c-SiC <sub>2</sub>									
SiO	CO <sub>2</sub>									
SiS	NH <sub>2</sub>									
CS	H <sub>3</sub> <sup>+</sup>									
HF	SiCN									
SH										

*A lista de moléculas já detectadas no meio interestelar. Não se incluem as dezenas de espécies "deuteradas" (H→D).*

## Gás interestelar

Embora não pareça ao longe, o gás interestelar é muito rarefeito, tendo uma densidade de um átomo de hidrogénio por  $\text{cm}^3$  (cf. o ar na Terra tem uma densidade de  $3 \times 10^{19}$  átomos/ $\text{cm}^3$ ).

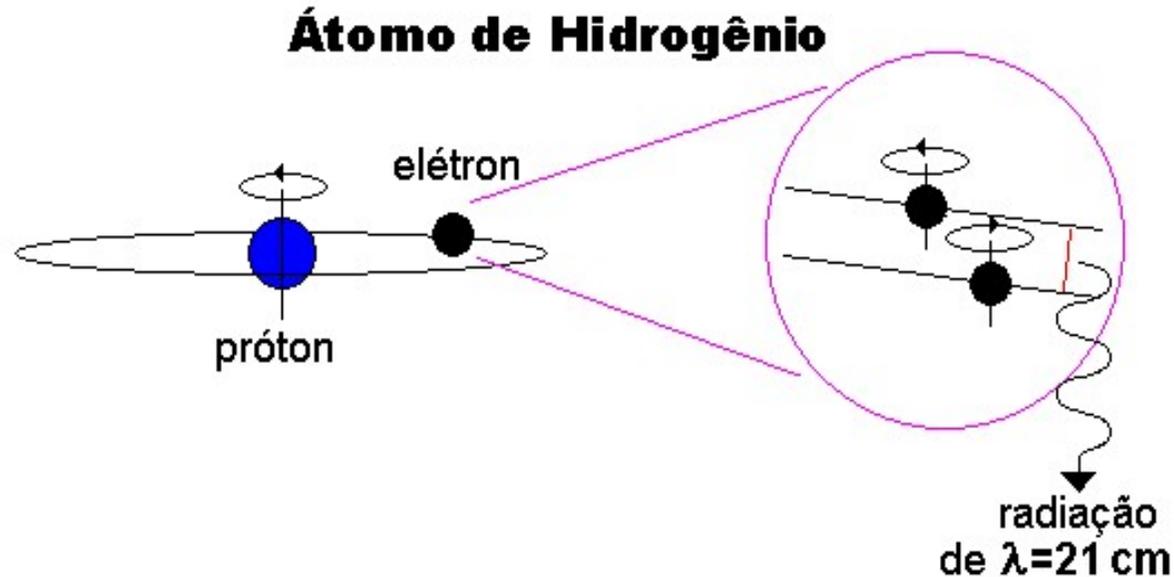
Os estados mais comuns em que se encontram estes gases são:

- Nuvens frias, constituídas por hidrogénio atómico (HI) ou molecular ( $\text{H}_2$ );
- hidrogénio ionizado (HII), perto de estrelas jovens e quentes (de classe O ou B).

De longe, a forma mais abundante do hidrogénio no Universo é a **atómica** (HI).

As nuvens frias de HI e  $\text{H}_2$  são o “lugar de nascimento” de estrelas. As nuvens de HI emitem radiação rádio ( $\lambda=21\text{cm}$ ;  $\nu=1.4$  GHz). De facto, estas emissões são extremamente fracas e só foi possível estudá-las a partir de 1951 quando instrumentos mais sensíveis foram criados. Nesse ano foi publicada, na *Nature*, a primeira observação (com um rádio telescópio), apenas sete anos depois da previsão teórica dessa risca de emissão.

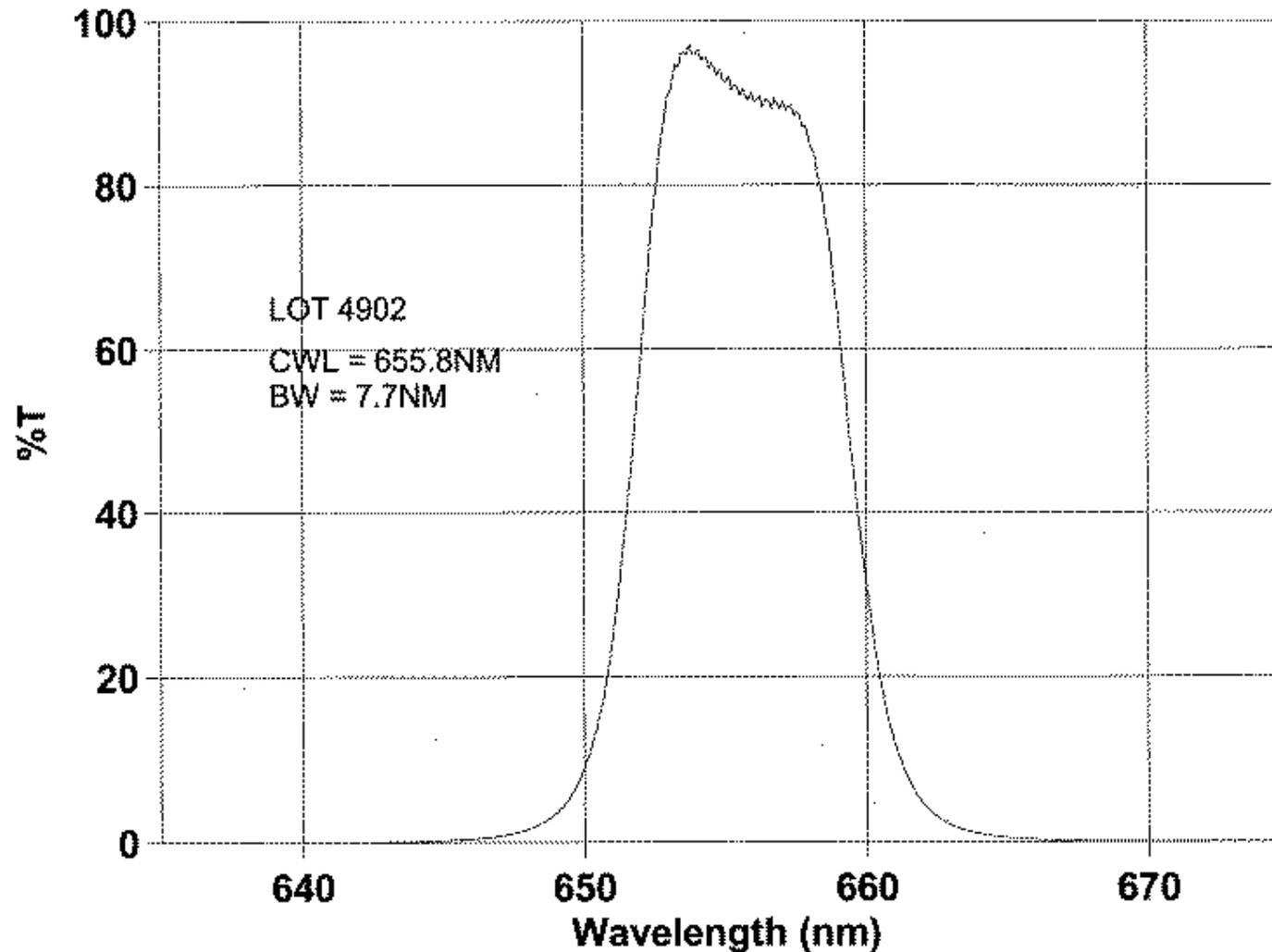
Esta emissão é devida à transição **hiperfina** do spin do electrão no átomo de hidrogénio: este pode ter dois sentidos de rotação. Ou no mesmo sentido de rotação do protão, ou no sentido contrário (este último é o estado de menor energia).



Quando átomos de HI colidem, as rotações dos electrões são realinhadas: após alguns milhões de anos, o átomo volta ao seu estado de menor energia emitindo radiação rádio de comprimento de onda de 21 cm (1.4 GHz). É claro que também se pode detectar em **absorção** (quando os átomos são excitados de uma forma diferente: por radiação).

O HII é formado quando grandes quantidades de radiação ultravioleta são libertadas por estrelas recém formadas e quentes: esta radiação ioniza as nuvens de gás (HI) em seu redor. No visível, quando um electrão é capturado e, pelo caminho de regresso ao nível fundamental (1), passa do nível 3 ao nível 2, emite a risca  $H\alpha$  ( $\lambda=656.3\text{nm}$ ), que calha no **vermelho** (pertence à Série de Balmer). É observado com filtros específicos. Pelo contrário, quando o átomo de HI é excitado, temos a emissão de uma risca  $H\alpha$  de **absorção**, na transição electrónica do nível 2 para o nível 3.

*O filtro  $H\alpha$ , estreito (fotometria de banda estreita). O exemplo apresentado é de um filtro de custo baixo (não profissional). A largura de banda de um de máxima qualidade pode ser da ordem de 1nm!*



As nebulosas, em geral, são constituídas por gás e poeiras. Normalmente distribuem-se no disco galáctico, onde o gás e poeiras abundam.

Para além das nuvens frias, há **nebulosas de emissão** (e.g. nebulosa de Orion) e **nebulosas de reflexão**. Estas funcionam (parcialmente) como um espelho: reflectem a luz de alguma estrela próxima.

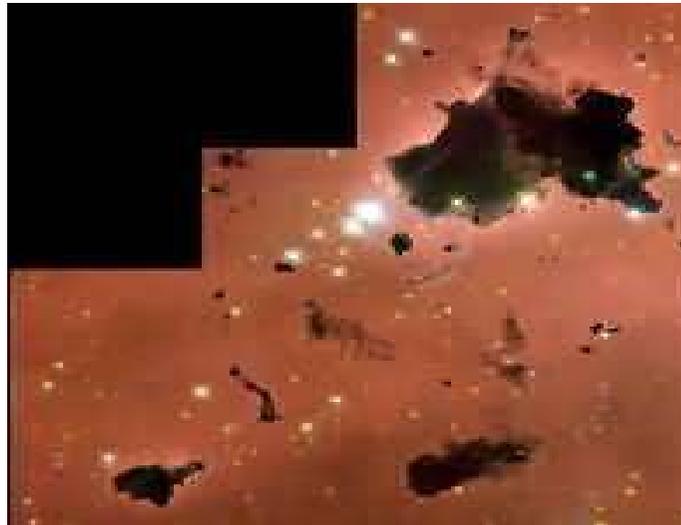
*Nebulosa de reflexão com  
a estrela emissora.*



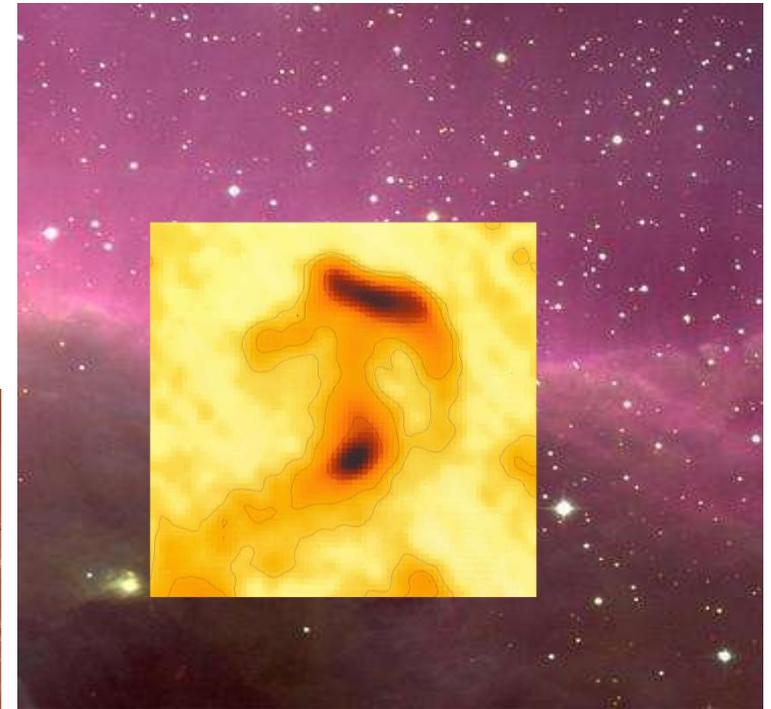
Mas também há **nebulosas escuras**, que descobrimos à custa de se verem projectadas contra um fundo brilhante gasoso/estelar. Nestas incluem-se os **Glóbulos de Bok**, regiões de formação estelar (nuvens já na fase final de colapso ou, mesmo, já com formação estelar – **proto-estrelas**).

*A famosa nebulosa escura “cabeça de cavalo” em Orion.*

*Mas no sub-mm vê-se em emissão!*



*IC2944, um glóbulo de Bok.*

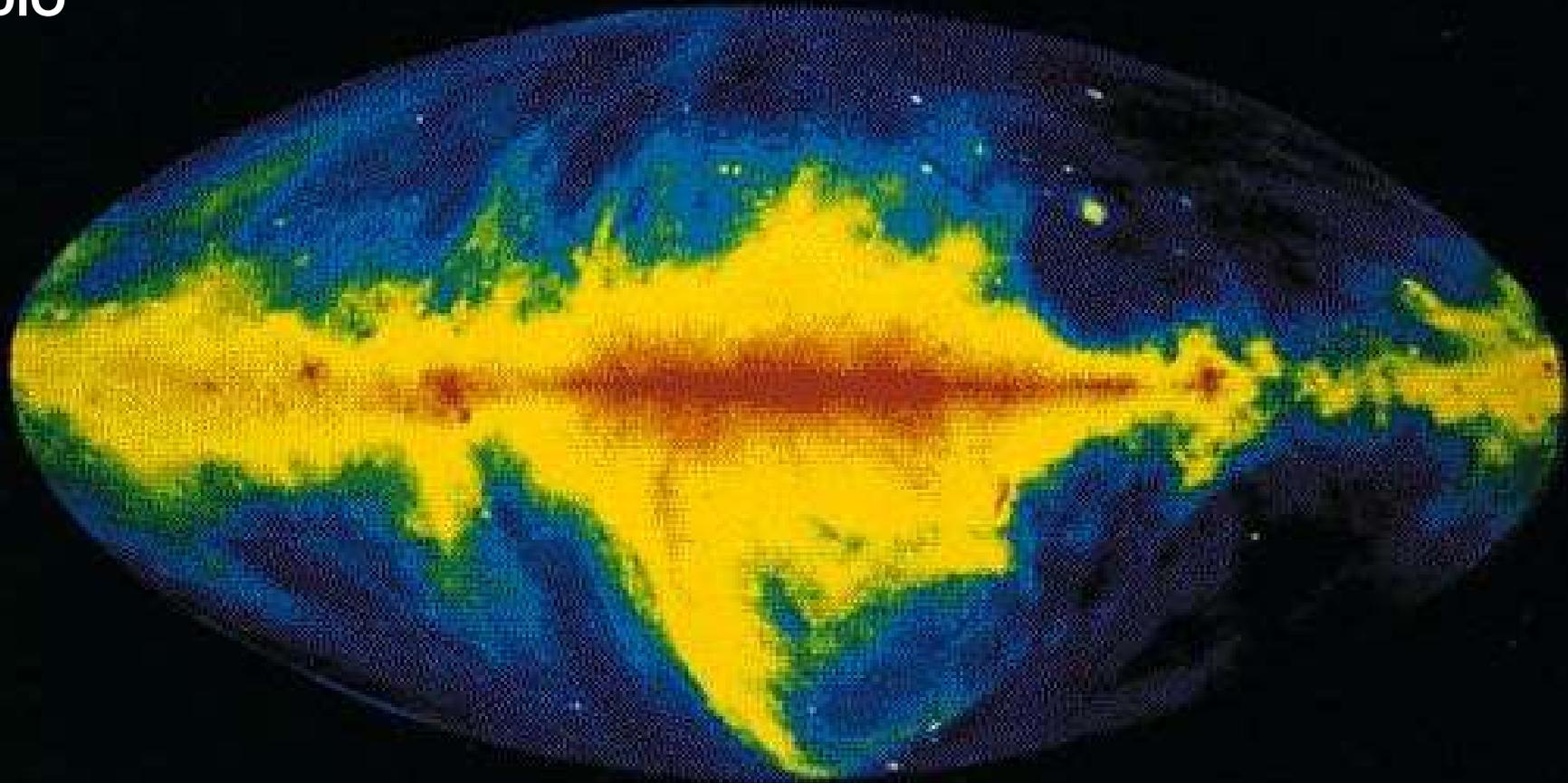


*A nuvem escura Barnard68. 137*

## 5.2 Estrutura geral

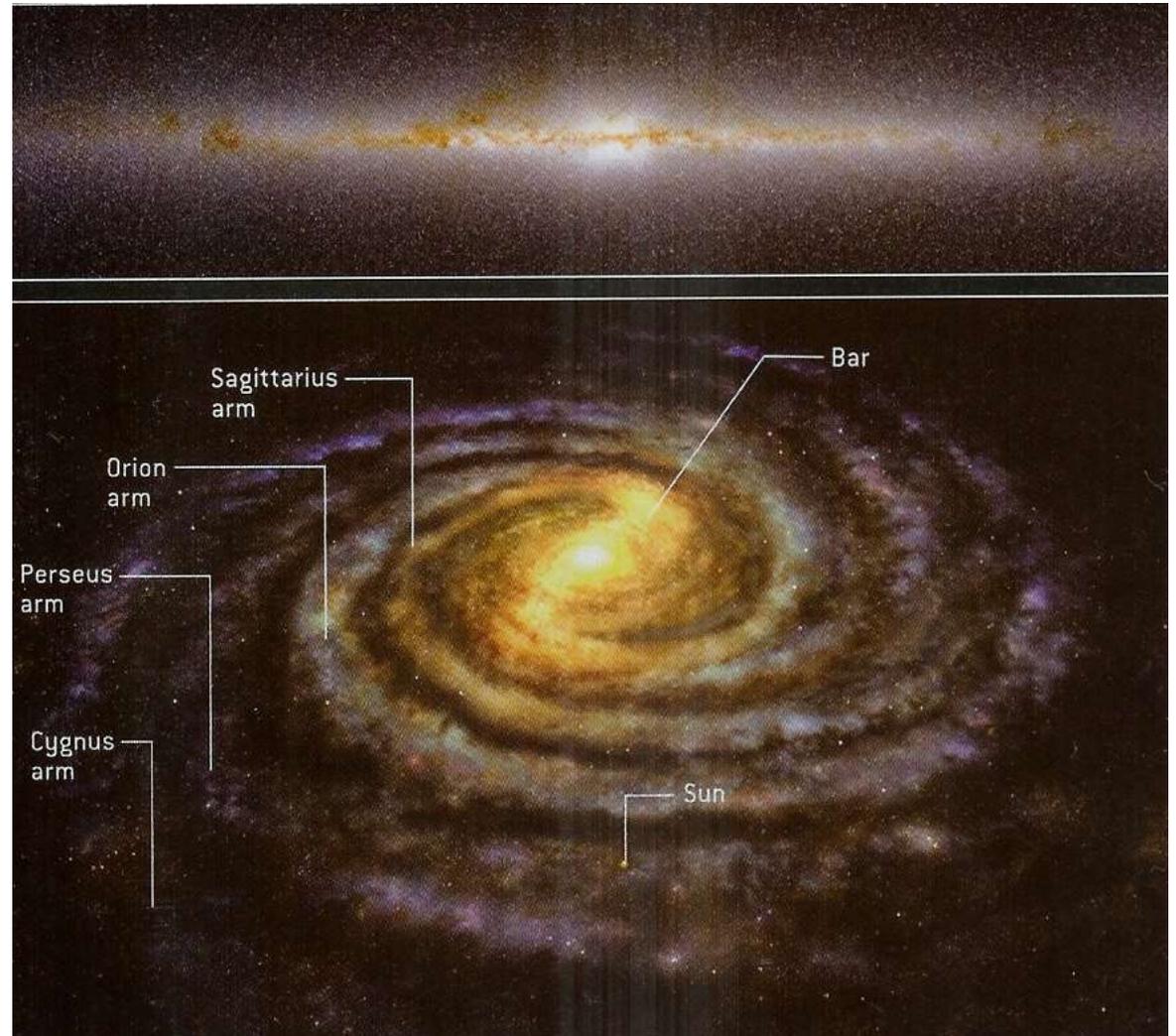
### Estrutura da Via Láctea

**RÁDIO**



A Nossa Galáxia (Via Láctea) é um conjunto de centenas de milhares de milhões de estrelas, gás, poeira interestelar e matéria escura. É apenas uma de cerca de  $10^{11}$  galáxias espalhadas pelo Universo. Era uma galáxia de classe S (em espiral), de acordo com o esquema de classificação de Hubble (a ver no Capítulo 6). Recentemente, no entanto, descobriu-se uma barra e a classificação mudou para SBb (espiral barrada).

*Uma representação realista da Nossa Galáxia a partir de dados do Spitzer (em cima). A barra tem um comprimento total de 9 kpc. Isto deve ser comparado com a distância do Sol ao centro da Galáxia (8 kpc). A região central tem também um bojo.*



Essencialmente, a Galáxia divide-se em três partes principais:

**Bojo** (“bulge”, em inglês): a região central e mais densa da galáxia (amarelado). É constituído, principalmente, por estrelas velhas (pop.II), pouquíssimo gás. No centro do bojo (e da Nossa Galáxia) há um buraco negro supermassivo com cerca de quatro milhões de massas solares (inactivo).

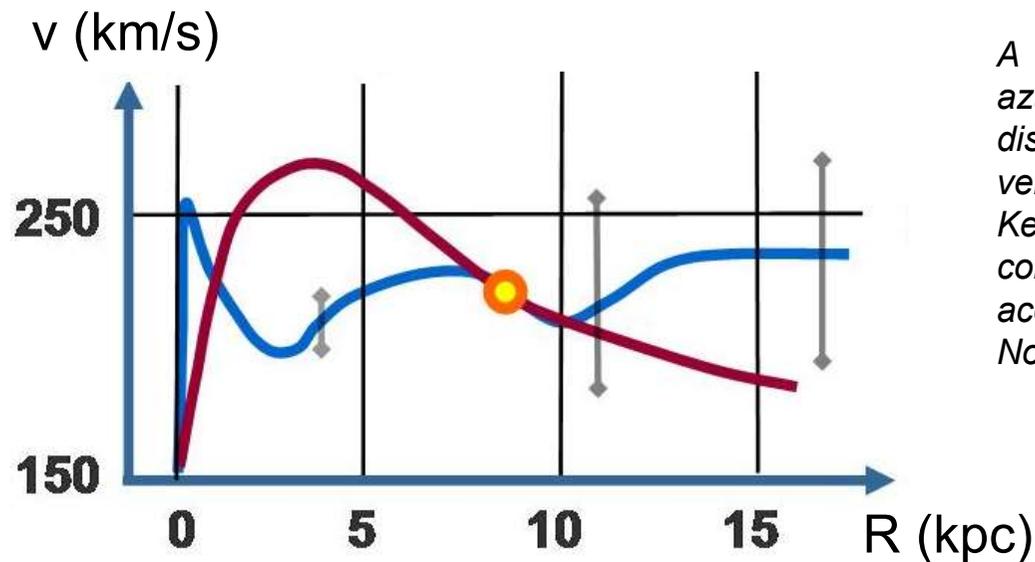
**Disco:** Tem uma espessura de cerca de 300 pc e um diâmetro de 30 kpc. Contém quase todas as estrelas de pop.I da Galáxia (é azulado). A rotação da Galáxia, por propagação de ondas de densidade gravítica, deu origem aos braços em espiral, sobre o disco.

**Halo:** corresponde a todo o volume esférico que envolve o disco e o bojo. É onde se localiza o grosso da matéria escura da Galáxia e, também, quase todos os seus enxames globulares. É possível que a sua extensão total (= dimensão da Galáxia), chegue aos 200 kpc.

## Matéria escura (dark matter)

A emissão em HI (21cm) foi crucial para mapear a nossa galáxia, já que esta radiação não é afectada pela poeira interestelar (ou é-o muito pouco). Foi logo em 1958 que se publicou o primeiro mapa da Nossa Galáxia. Ficou logo óbvio que se tratava de uma galáxia em espiral.

Como o efeito Doppler se verifica também no rádio (claro), foi possível contruir a curva  $v(R)$  para a Nossa Galáxia, onde  $v$  é a velocidade da camada que está à distância  $R$  do seu centro. Chama-se, ao respectivo gráfico, **curva de rotação**.



*A curva de rotação da Nossa Galáxia (a azul). O ponto amarelo representa a distância do Sol ao centro da galáxia. A linha vermelha representa  $v(R)$  segundo as leis de Kepler (com uma massa dominante central, como acontece no Sistema Solar ou como acontece com o que a distribuição de luz da Nossa Galáxia sugeriria).*

Da curva de rotação tiramos que cerca de 90% da massa da nossa galáxia (total de  $3 \times 10^{12} M_{\odot}$ ) é **Matéria Escura** (termo dado por Oort e Zwicky nos anos 30). A sua composição é um dos maiores mistérios da Astronomia moderna. Mas não é só. Muitas outras galáxias apresentam, exactamente, os mesmos resultados (até os enxames de galáxias – estes ainda “acrescentam” mais matéria escura extra à contabilidade no Universo). É a matéria escura que explica porque as galáxias se mantêm unidas e não se desfazem com as suas elevadas velocidades de rotação. Os mais fortes candidatos a matéria escura são os WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), partículas hipotéticas.