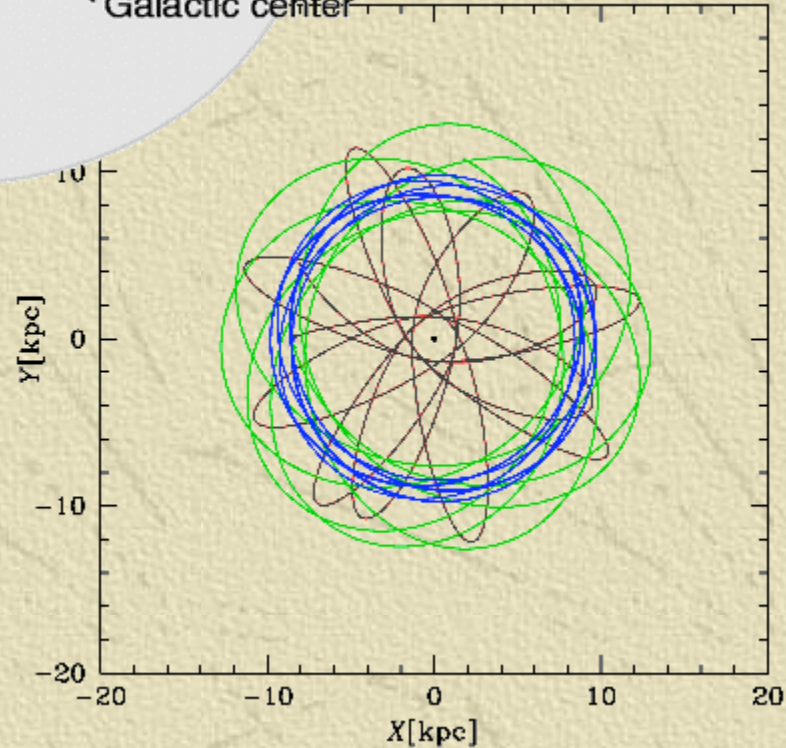
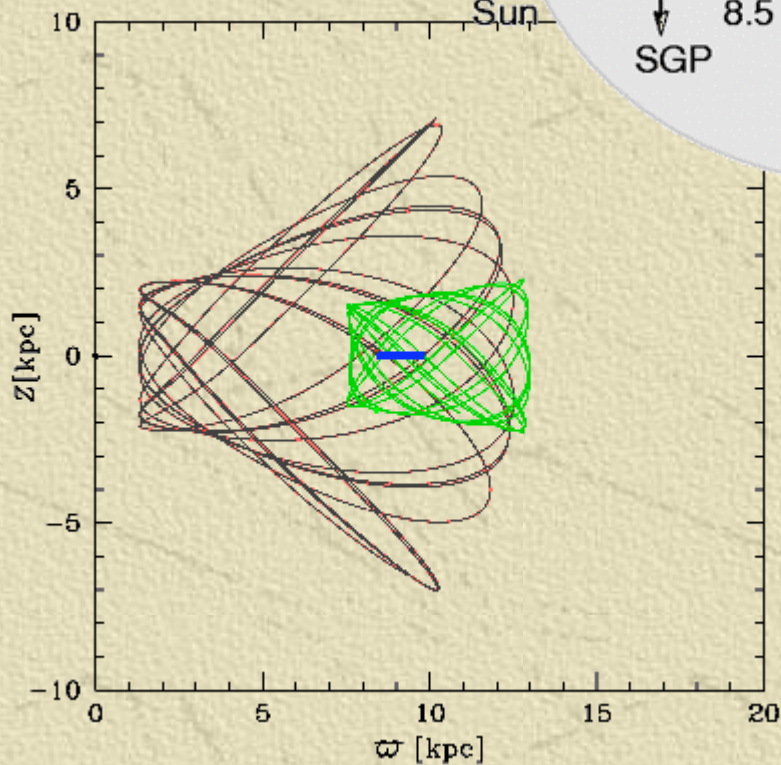
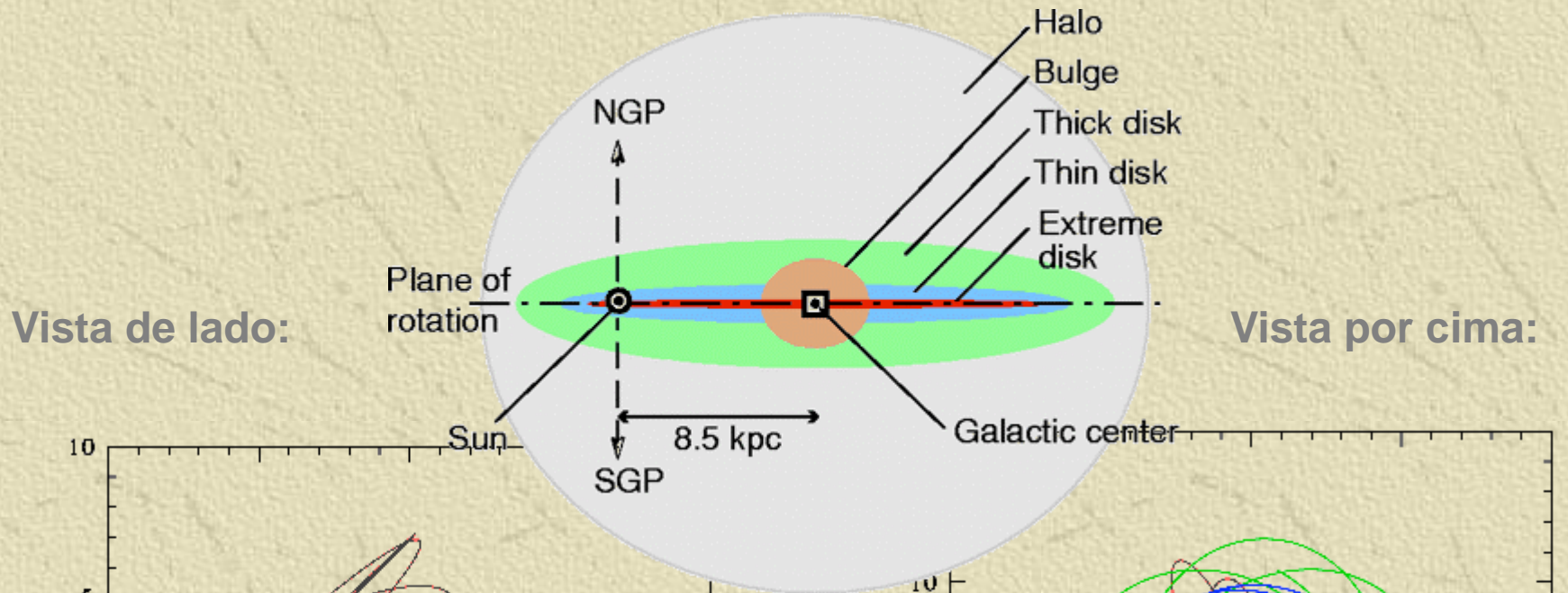




Astronomia Galáctica
Semestre: 2019.1

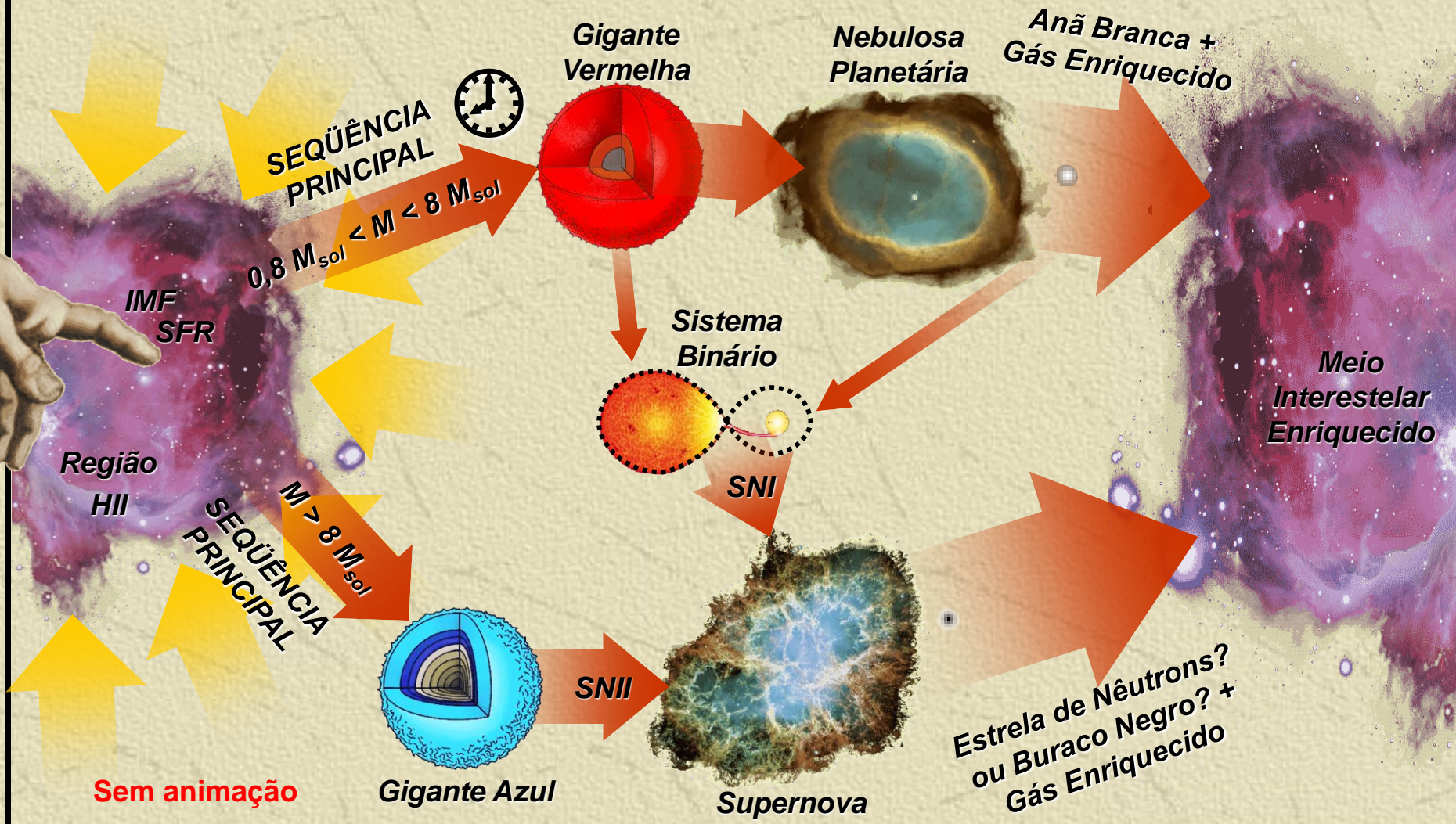
Sergio Scarano Jr
27/08/2019

Órbitas Estelares na Via Láctea

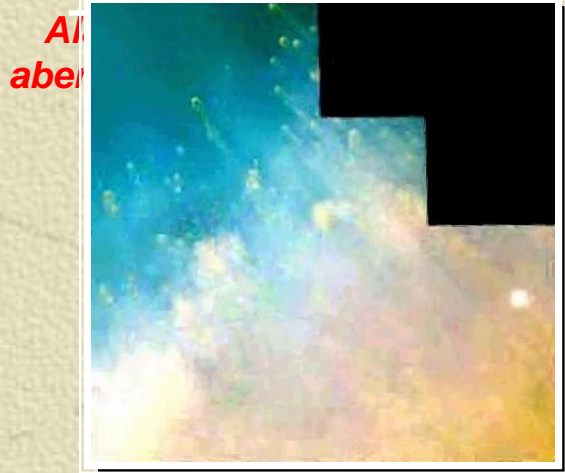
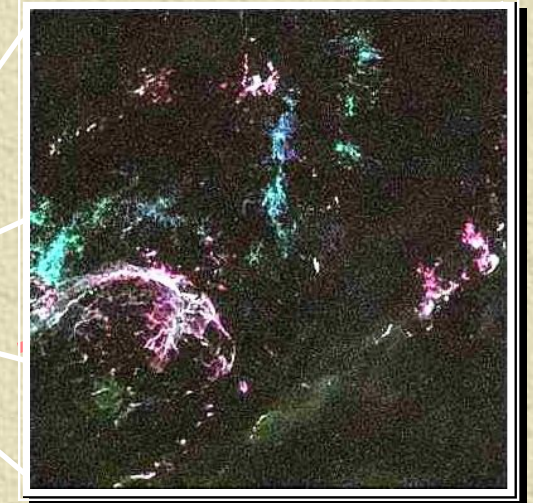
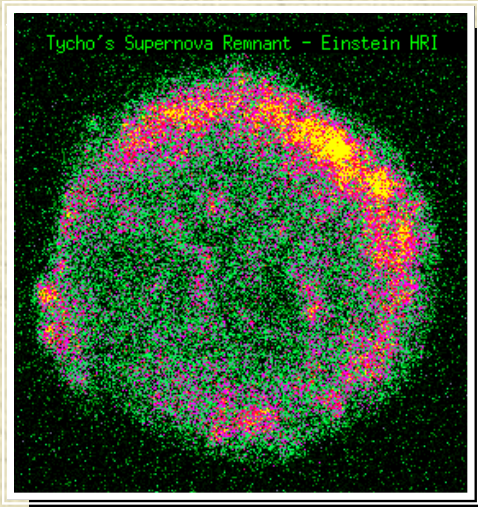


Evolução Estelar e Evolução Química do Meio Interestelar

O maior contribuinte para a evolução química do meio interestelar de uma galáxia são as estrelas em seus processos de evolução.



Estrutura de uma Bolha de uma SN

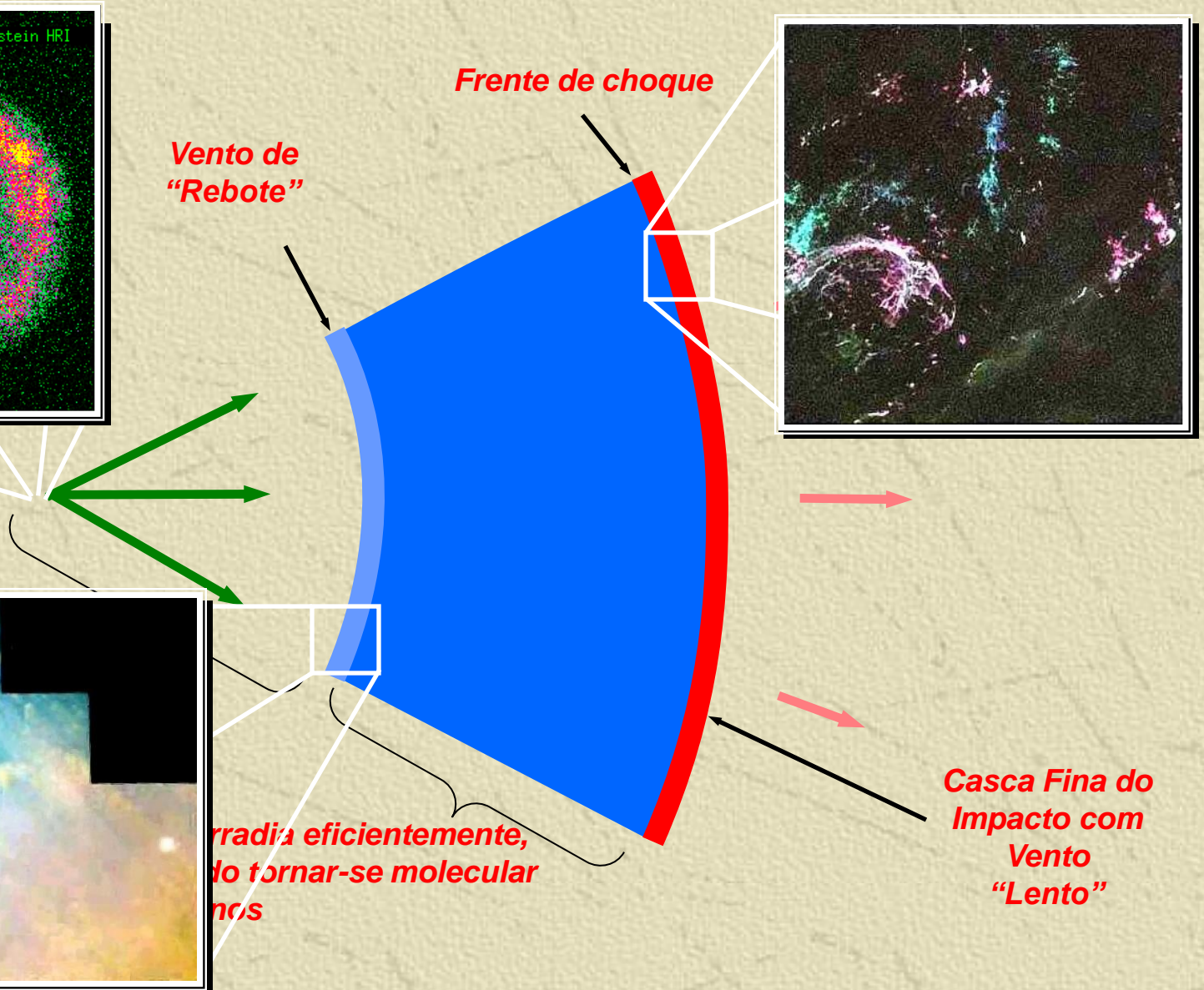


Vento de "Rebote"

Frente de choque

radia eficientemente,
to tornar-se molecular
nos

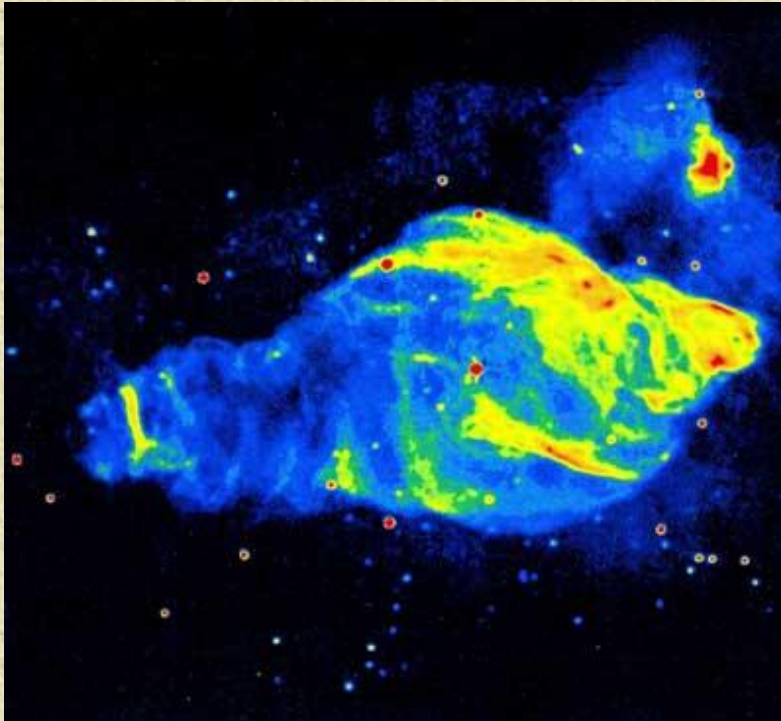
Casca Fina do Impacto com Vento "Lento"



As Superbolhas – Contribuição das SN

Os ventos gerados por associações de estrelas O e B e suas explosões em supernova atuam conjuntamente na evolução de uma superbolha.

Características:



1-) *Supernovas injetam energia a uma taxa decrescente desde 3 Myr até 40 Myr;*

2-) *Supernovas Tipo I e II tem a mesma repercursão no MI quando isoladas;*

3-) *Uma bolha criada por uma supernova isolada cresce durante 1,5 Myr a atinge um raio de 50 pc;*

4-) *Uma bolha criada por 30 SNII cresce durante 9 vezes mais tempo e a um raio que varia de 200 pc (no plano) e 300 pc (na direção vertical).*

Evidências Observacionais de “Super-Bubbles” Geradas por Supernovas

Algumas evidências de supebolhas em escala galáctica geradas por supenovas e “bursts” estelares:

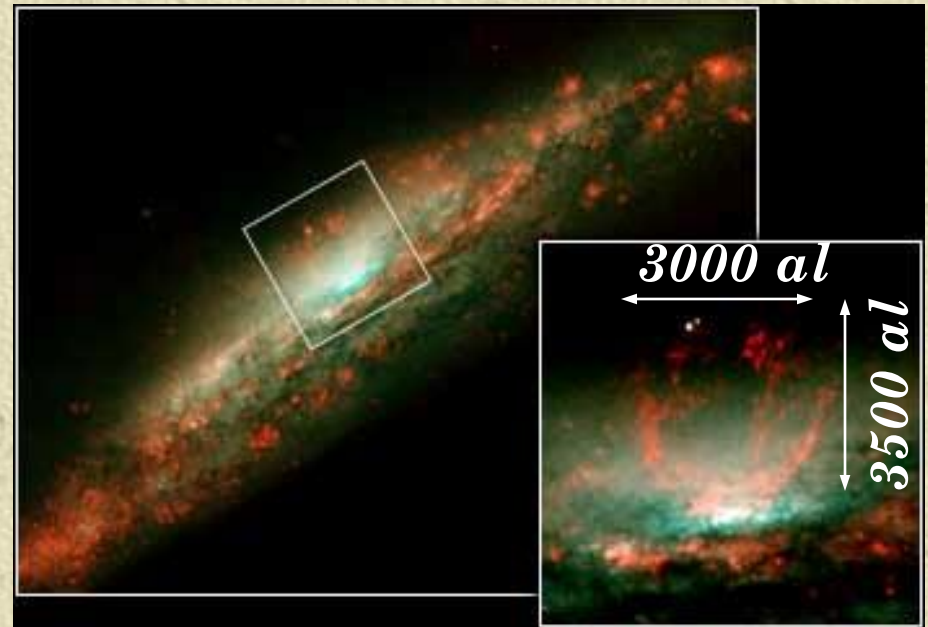
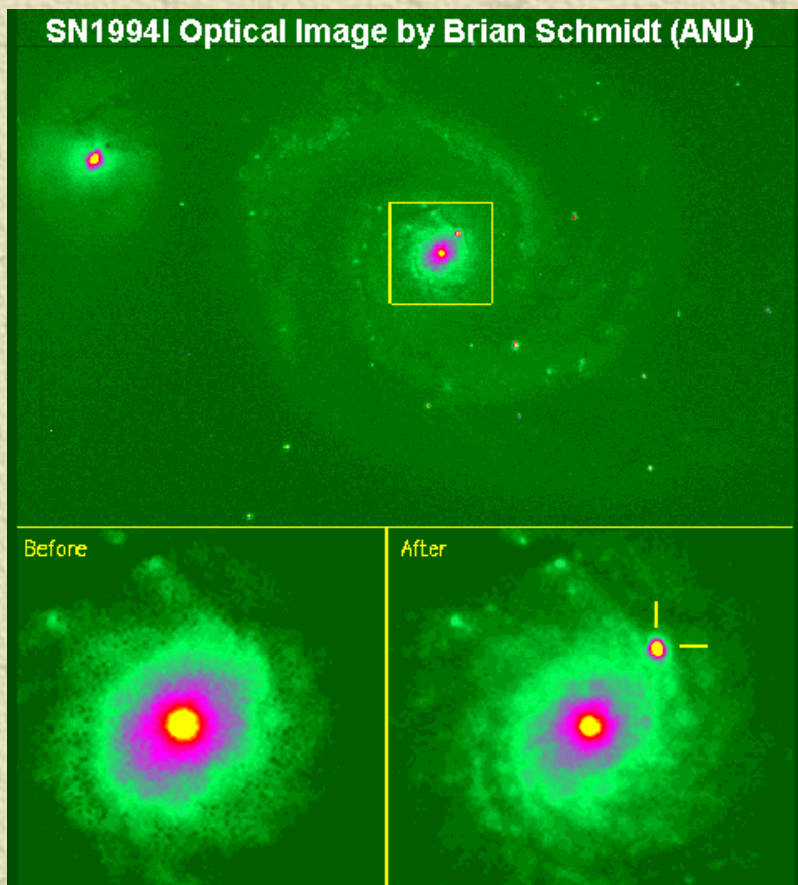


Imagem óptica da Galáxia NGC3079 obtida por NASA/HST

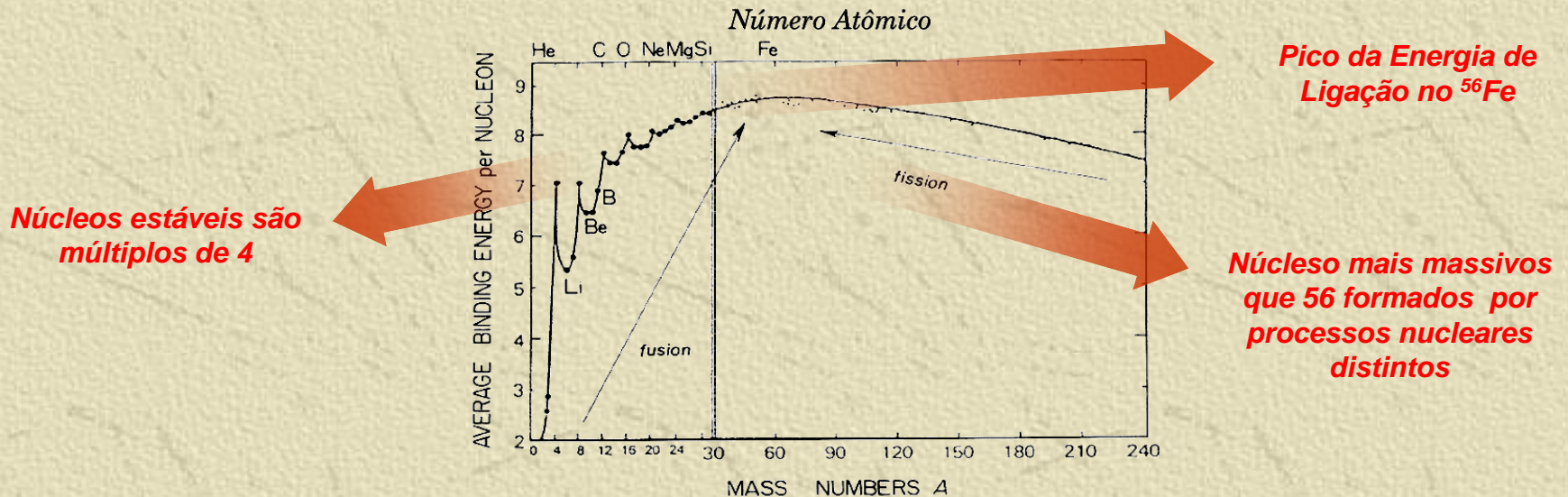
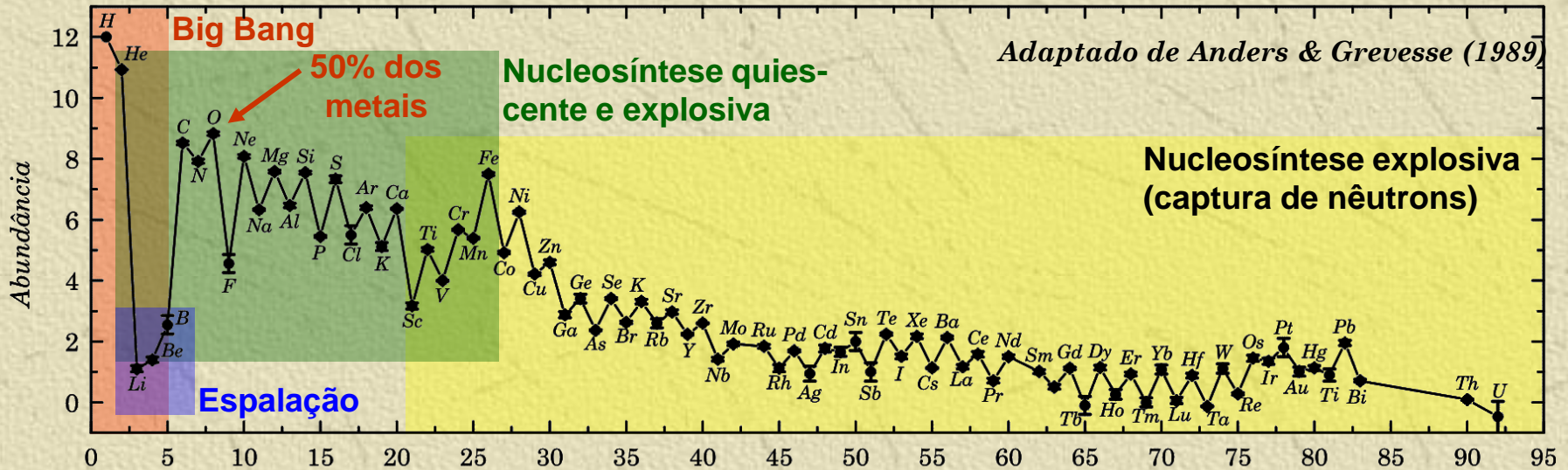
As Superbolhas e as “Fontes Galácticas”

O material ejetado pelas supernovas escapa do disco subindo até o halo. No caminho ele se resfria, condensando-se em nuvens neutras e se precipitando balisticamente no plano galáctico.

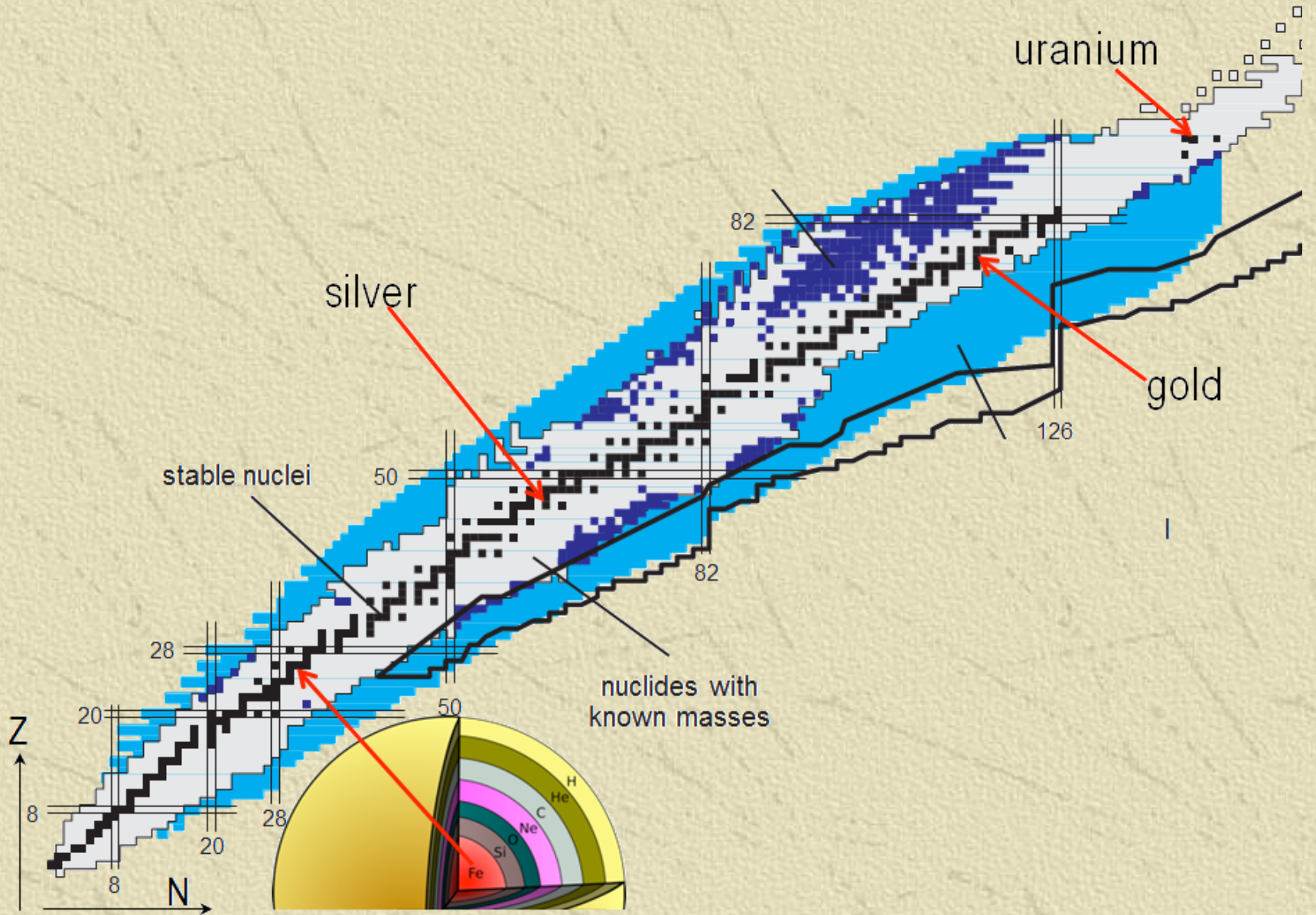


Abundâncias e Metalicidades

Abundância é uma grandeza que mede o quanto existe de um dado elemento em relação ao total de todos os elementos químicos. Metalicidade é a abundância dos elementos mais pesados que o *He*.

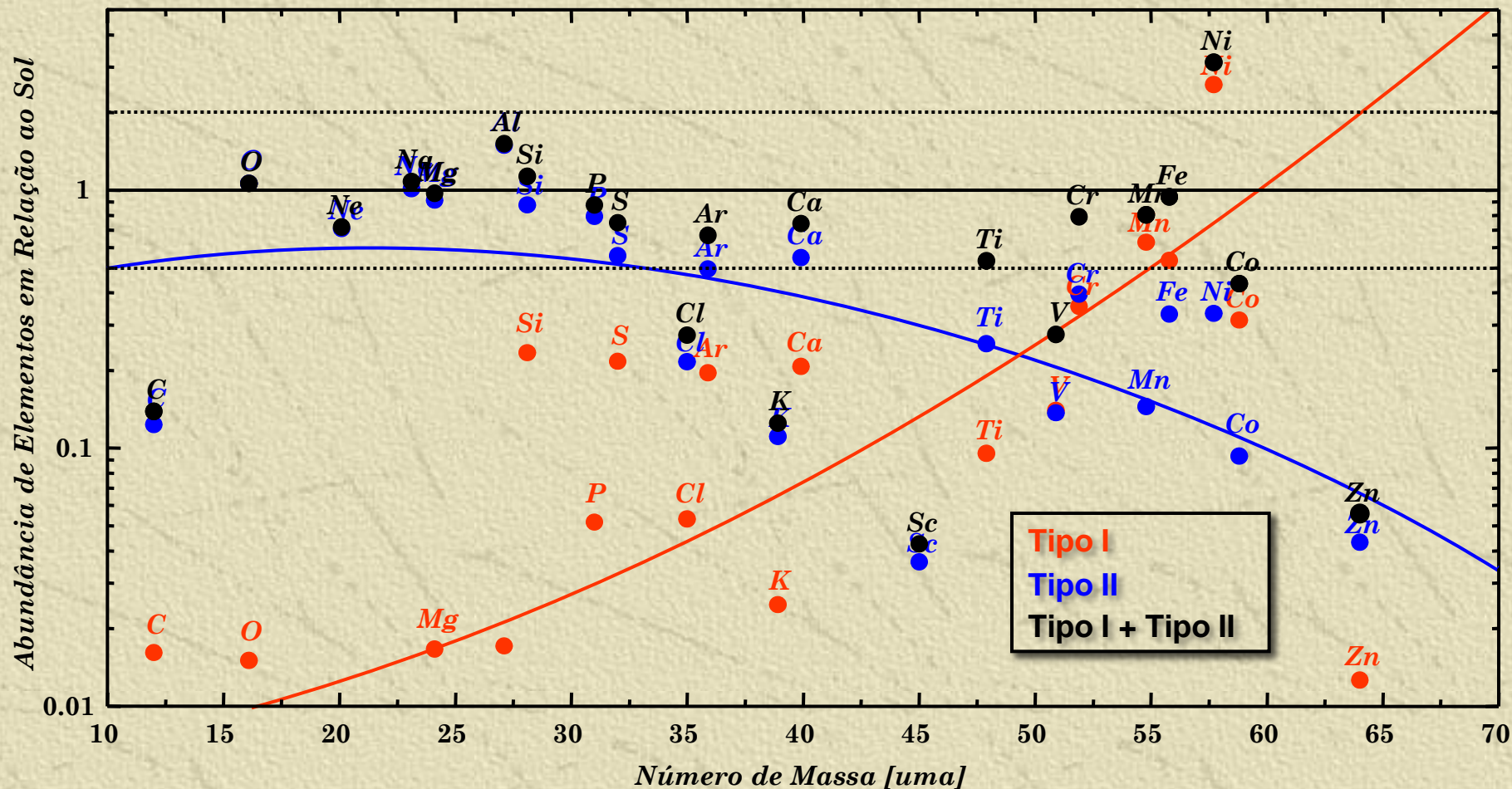


Número de Prótons Em Relação aos Neutrons

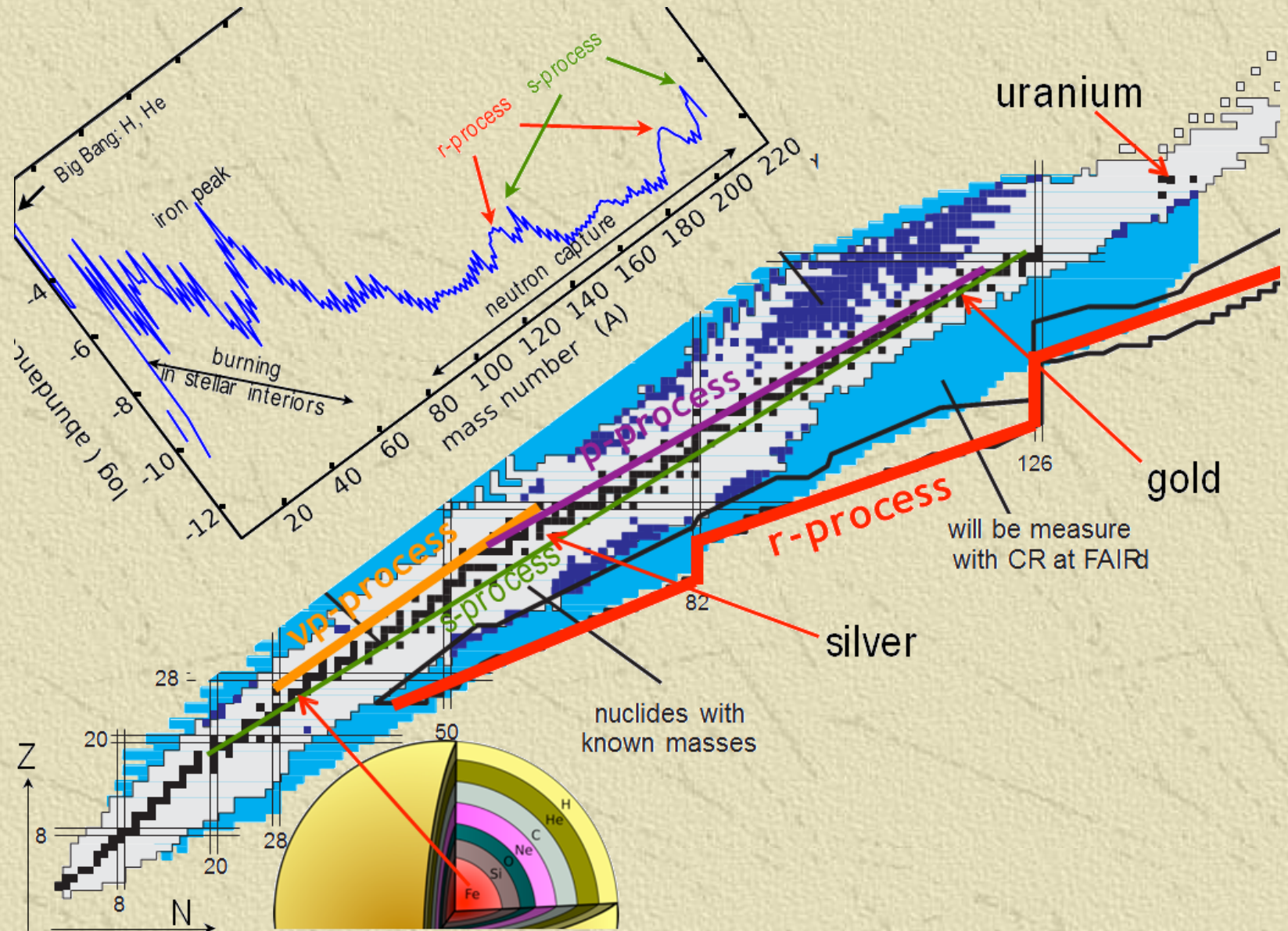


O Enriquecimento Químico Induzido por Supernovas

As supernovas do **Tipo I** favorecem o enriquecimento químico do meio em elementos de massa atômica mais elevadas. As supernovas do **Tipo II**, por sua vez, em massas atômicas menores. Na região solar:



Processos Nucleares e Abundâncias



Classes de elementos

- Elementos α : Formadas dentro de estrelas “normais”, mesmo em estrelas que possuíam inicialmente somente H e He.

A partir do O \rightarrow Ne, Mg, Si, S, A, Ca, Na, Al

- Elementos do pico do Ferro: Número de massa $40 < A < 65$: Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu

Formados em núcleos quentes de estrelas durante sua evolução (Supernova Ia)

- Elementos *s-processed*

Massa atômica maior que o Ferro ($A=55,8$): Sr, Y, Ba, La, Ce, Pr, Pb, Bi

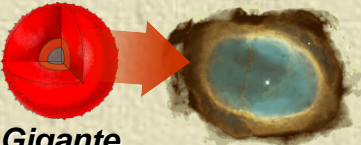
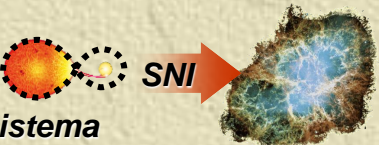
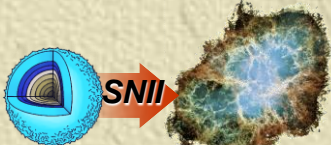
“s” de *slow*, ocorre em estrelas evoluídas no AGB? (asymptotic giant branch)

- Elementos *r-processed*

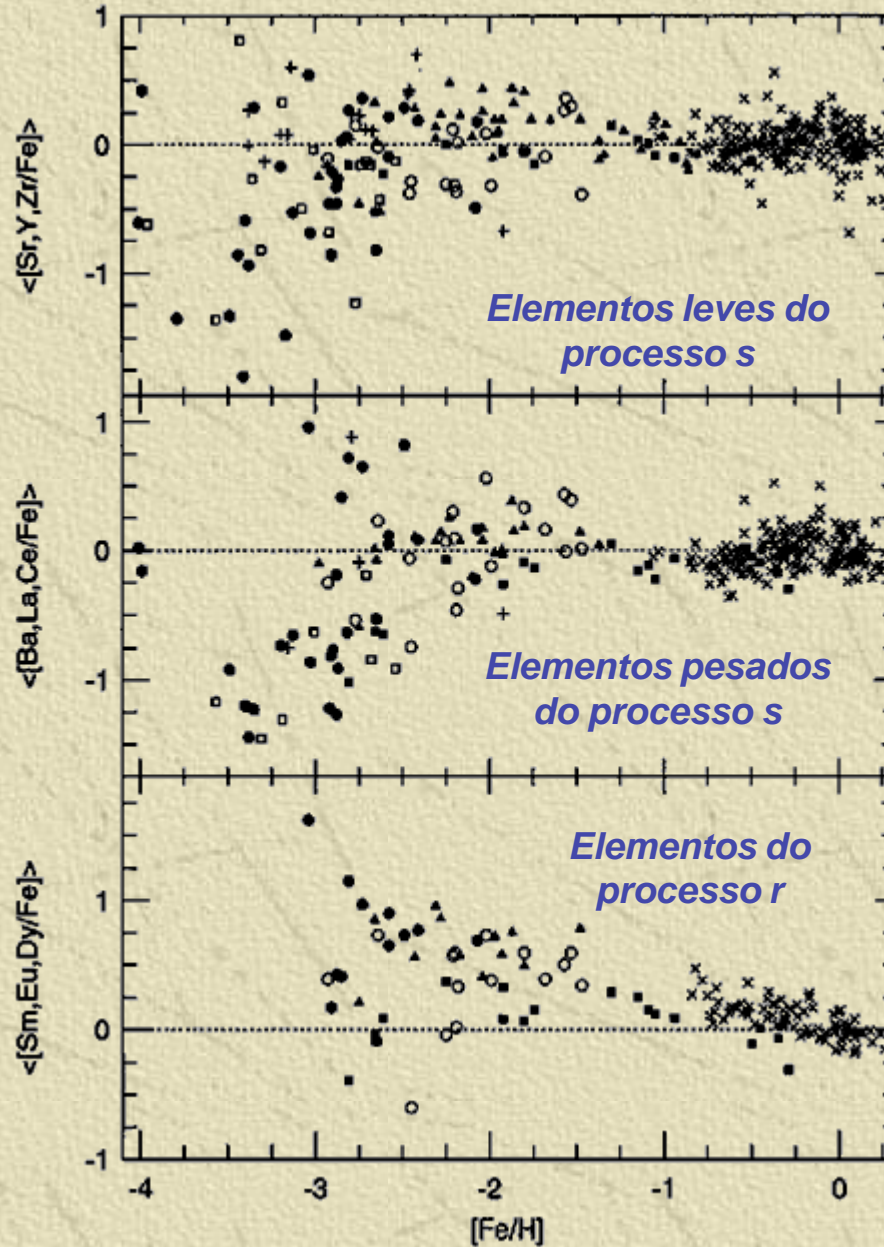
Se, Br, Kr, Te, I, Os, Ir, Pt

“r” de *rapid*, core-collapse Snc (estrelas massivas)

Maiores Contribuintes para o Enriquecimento Químico

 <p>Gigante Vermelha → Nebulosa Planetária</p>	 <p>Sistema Binário → SNI → Supernova</p>	 <p>Gigante Azul → SNII → Supernova</p>
<p>Estrelas do AGB</p>	<p>Supernovas do Tipo I</p>	<p>Supernovas do Tipo II</p>
<p>Estrelas de massa intermediária. Liberação de material entre 10^8 e 10^9 anos</p>	<p>Estrelas de baixa massa. Anã branca em sistema binário com transferência de massa. Tempo para liberação $> 10^9$ anos</p>	<p>Estrelas de alta massa. Liberação do material em $< 10^8$ anos.</p>
<p>Processo s (slow) de captura lenta de nêutrons. Forma elementos de $24 < A < 50$ ao capturar um nêutron por núcleo de ^{56}Fe (10^4 anos). Durante queima de H em camada.</p>	<p>Poucos nêutrons disponíveis. [O/Fe] indicador de contribuição relativa de SNII/SNI. Por outro lado [Ba/Fe] indicador da contribuição relativa processo s (AGB)/ r (SNII)</p>	<p>Processo r (rápido). Núcleos ricos em nêutrons ($A > 230$) são formados rapidamente por captura de nêutrons (10^4s) sob condições extremas (10^{10} K), seguido de decaimento beta.</p>
<p>Fontes de elementos como C, N e demais elementos s, como por exemplo Sr, Zr, Ba, La, Ce, Pb são resultantes</p>	<p>Principal fonte de Fe e elementos do pico do Fe, como o Ni, Cr, Mn, Zn, Cu.</p>	<p>Fontes de: O, Si, Mg e demais elementos alpha (número atômico pares ^{16}O, ^{20}Ne, ^{24}Mg, ^{28}Si, ^{40}Ca, etc, formados por captura de partículas alfa.</p>
<p>C produzido durante a fase de queima do He (dragagem) e N produzido durante CNO em camada e ejetada por ventos ou pela ejeção das camadas.</p>	<p>Supernova do tipo Ia fragmenta completamente estrela formando objeto compacto, deixando livre todos os elementos sintetizados</p>	<p>Elementos mais pesados geralmente presos em objeto compacto gerado.</p>

Espalhamento de elementos pesados em baixos $[Fe/H]$

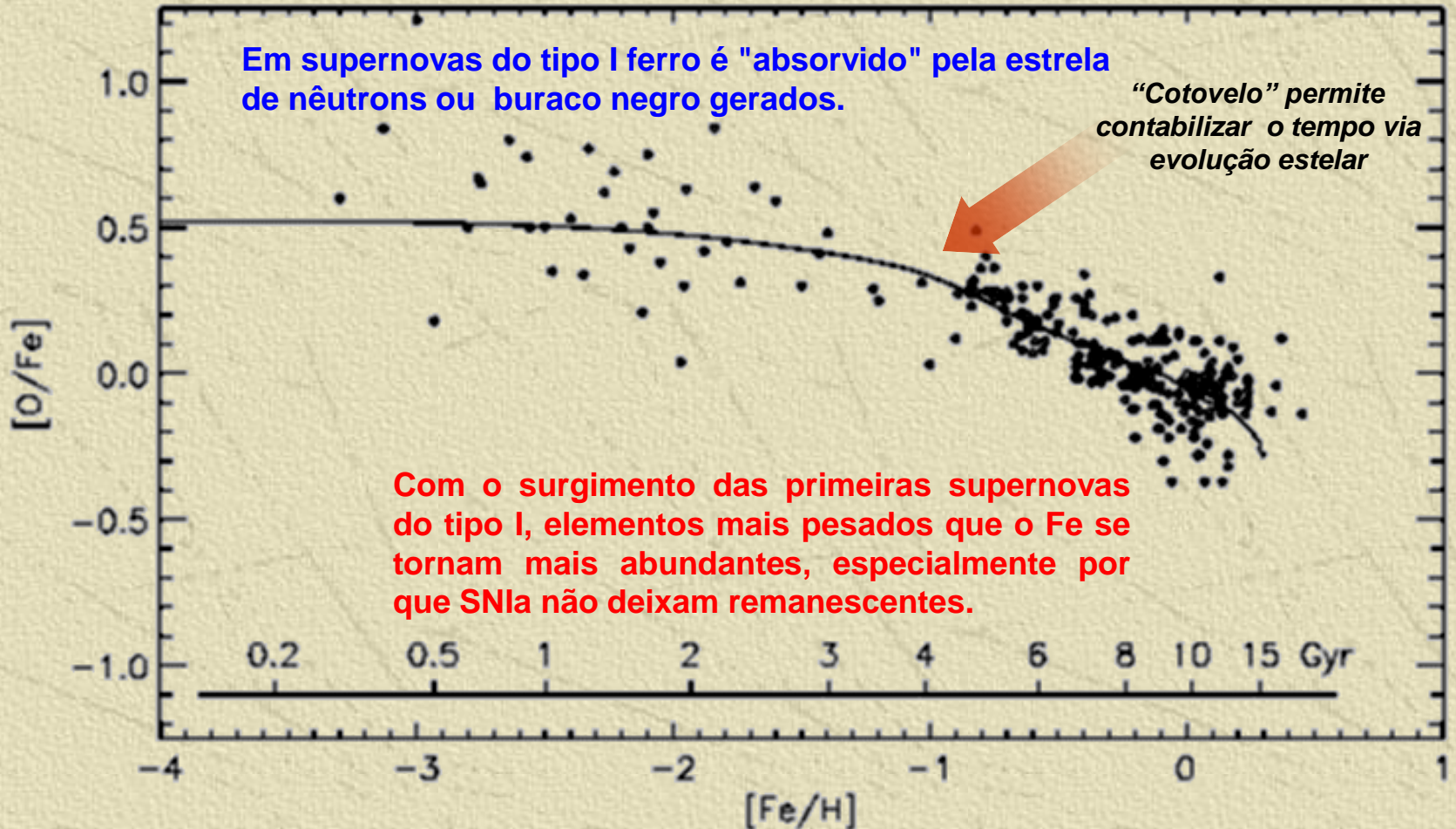


Wallerstein et al 1997

elementos α apresentam menos espalhamento; Mg, Ti não são rigidamente acoplados com Si e Ca

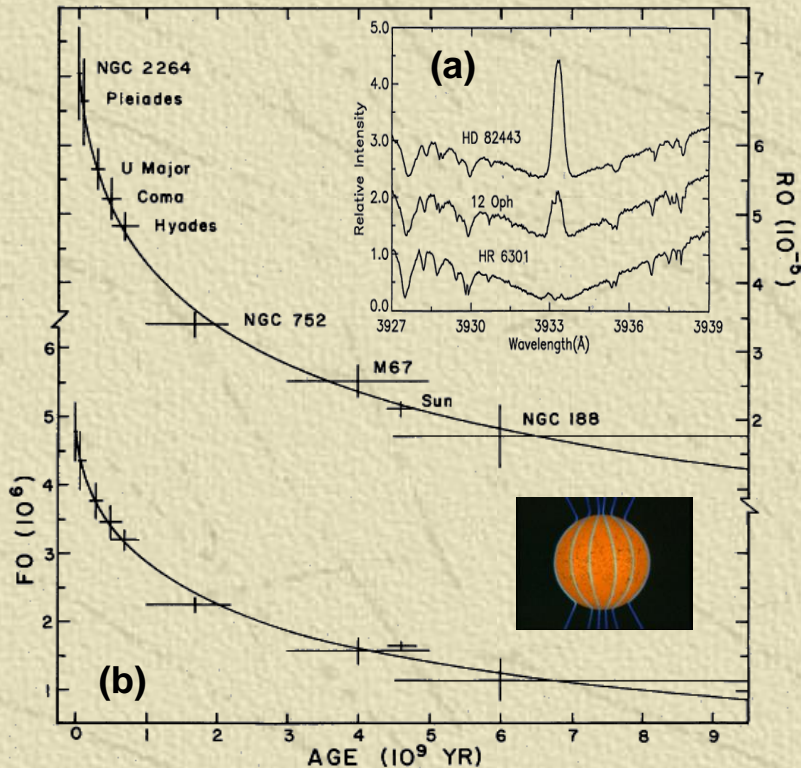
Comparação entre Metalicidades O/Fe e Fe/H

Como SNIa explodem apenas depois de 1 G-anos, estrelas a partir do primeiro G-anos devem ter maior O/Fe, Mg/Fe que a solar, uma vez que são enriquecidas preliminarmente por estrelas massivas do tipo SNI.



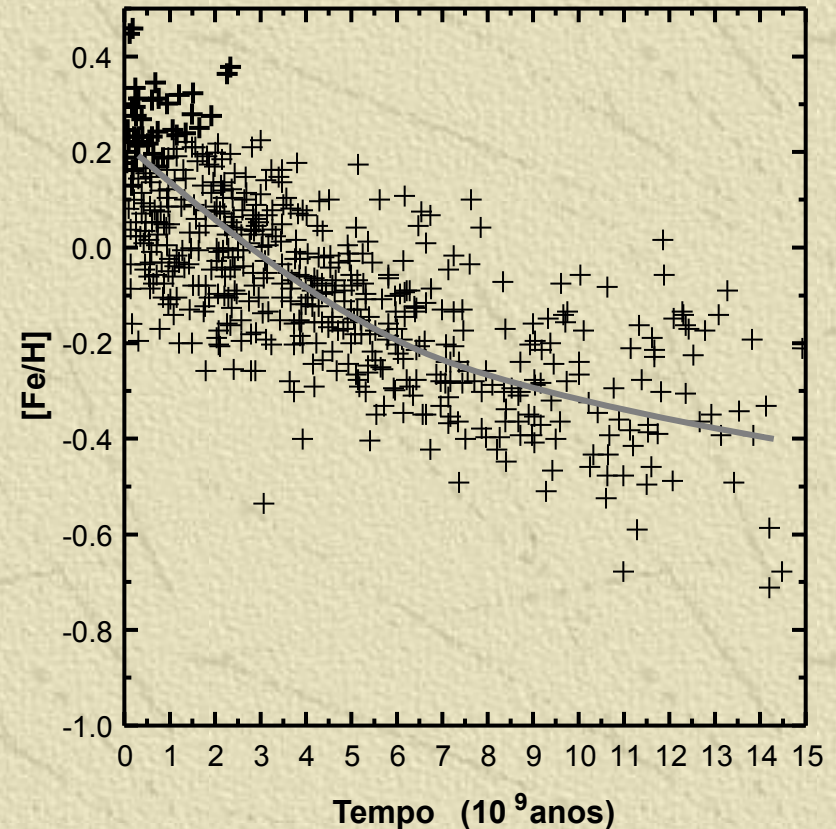
Relação Idade Metalicidade

Estrelas da Seq. Principal vivem estáveis por muitos bilhões de anos, mas sua fotosfera sofre alterações que podem quantificadas como alterações nas linhas de Call devido a diminuição das atividade magnéticas em razão da diminuição da rotação das estrelas com a idade.



(a) Basri_+_1989PASP..101..528B: intensidades de linhas de Call diminuindo com atividade fotosférica.

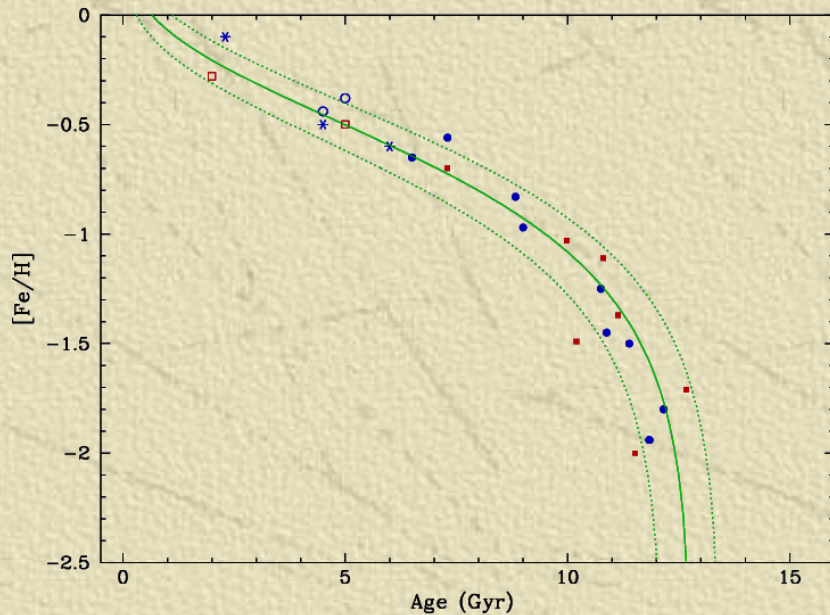
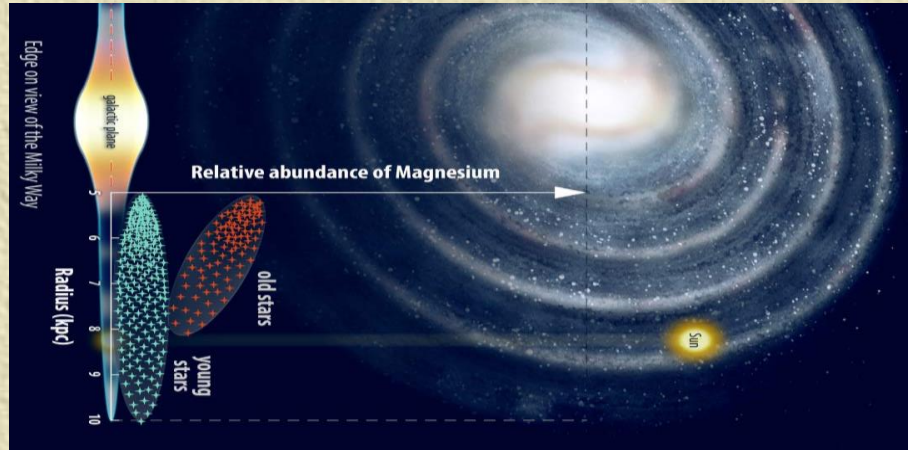
(b) Barry_+_1987ApJ...315..264B: Diminuição no fluxo fotosférico em função da idade dos aglomerados considerados



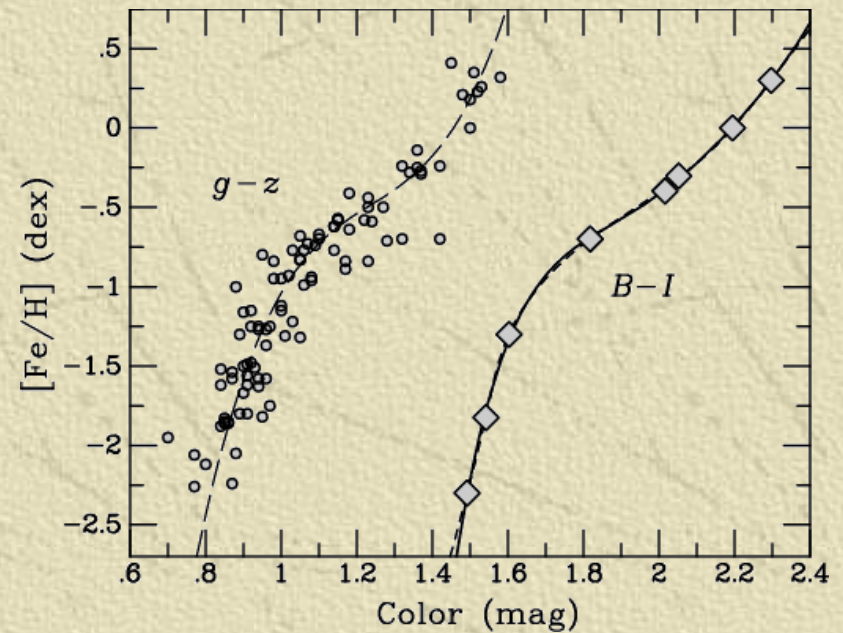
Rocha-Pinto & Maciel (1998) para estrelas próximas do Sol

Relação Idade/Metalicidade e Cor/Metalicidade

Estudando as metalicidades e as idades de aglomerados globulares é possível estabelecer uma relação entre idade e metalicidade.



[*Forbes, Duncan A. et al. Mon.Not.Roy.Astron.Soc. 404 \(2010\)*](#)



[*Blakeslee, John P. et al. Astrophys.J. 710 \(2010\)*](#)

Disco Galáctico (a população I de Baade)

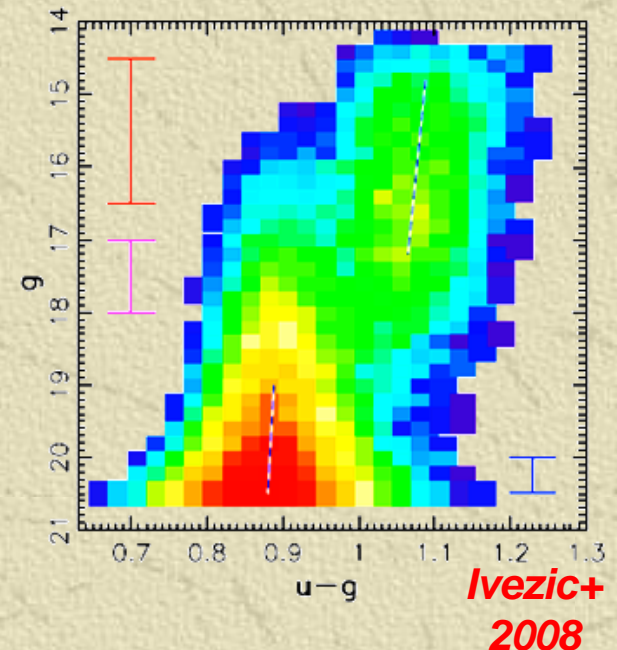
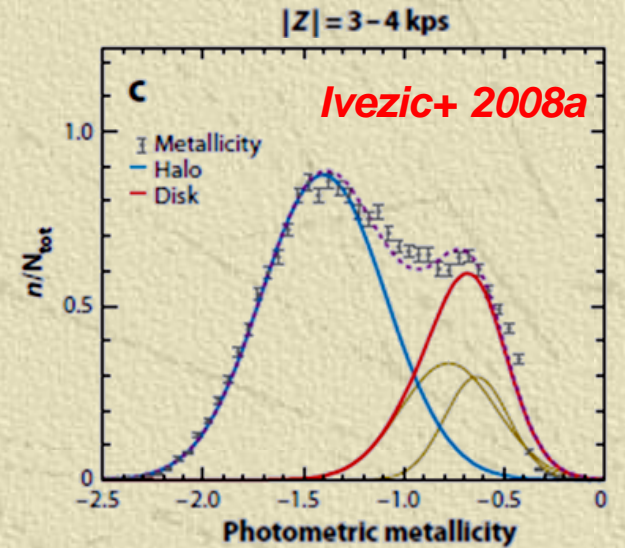
Componente mais massivo da Galáxia ($\sim 5 \times 10^{10} M_{\text{sol}}$) e local da maior parte da formação estelar atual. Na vizinhança solar é dominado por estrelas de tipo espectral F e G. Entretanto, mais ricas em metal que estrelas da mesma classe no halo (permite separação disco - halo)

Próximo ao Sol o perfil de densidade é bem ajustado pela soma de duas exponenciais em $|z|$. Razão disco espesso:fino é 8-12%

Disco fino: $z \sim 300$ pc, $r = 13.9$ kpc

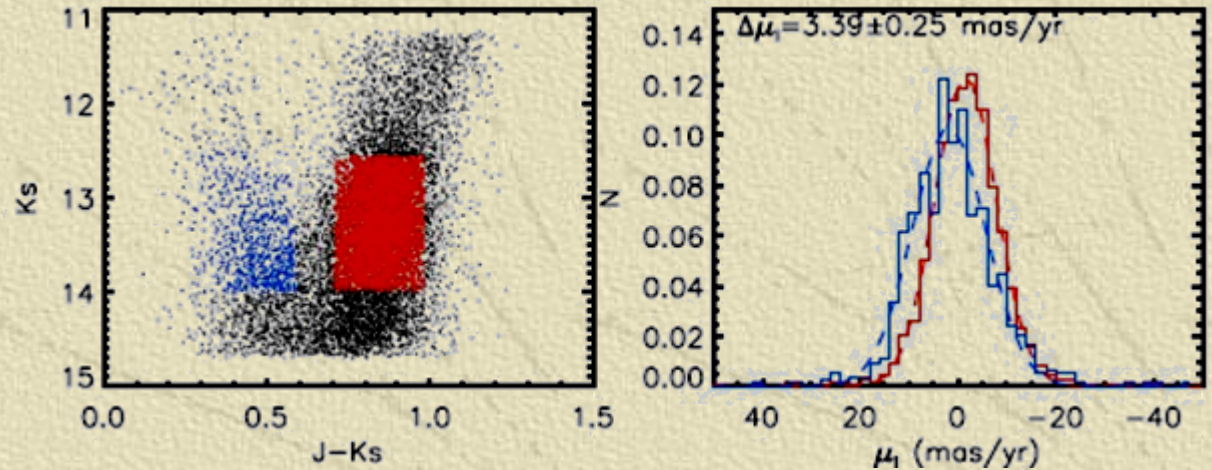
Disco espesso: 1 kpc, extensão radial não bem determinada

□ Sub classificação ainda gera controvérsias!

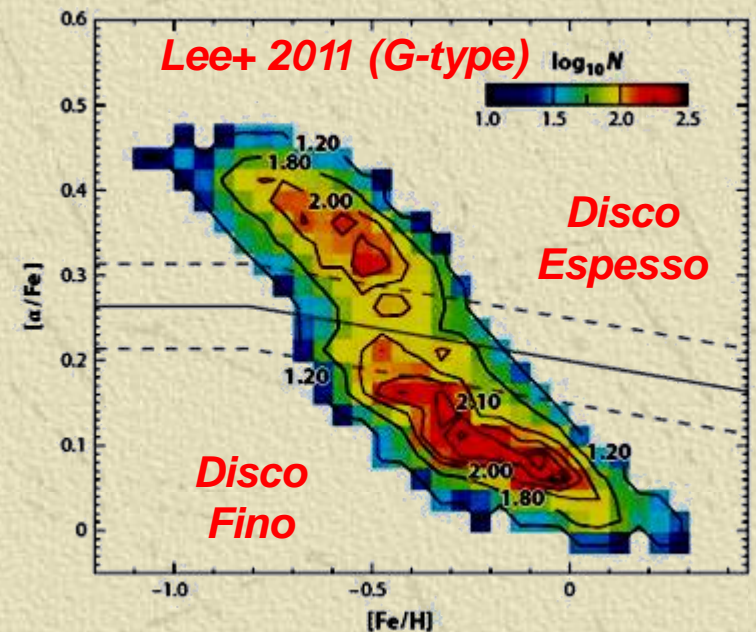
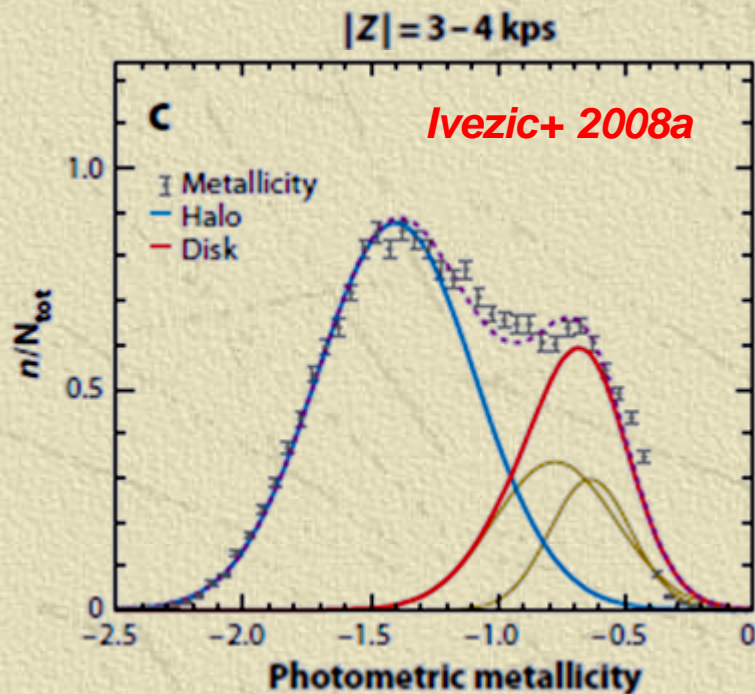


Diferenças entre as populações Galácticas

Dinâmica bojo-disco
(VVV-2MASS):

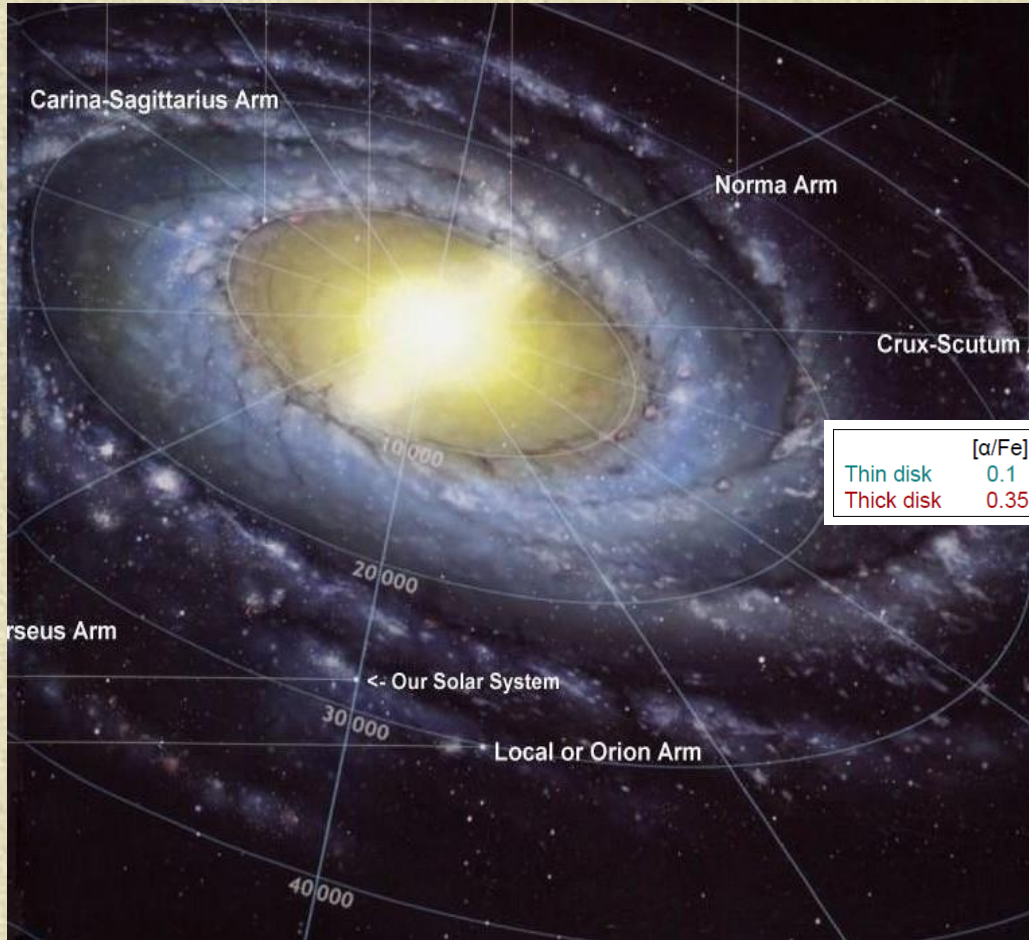


Diferenças na composição química:

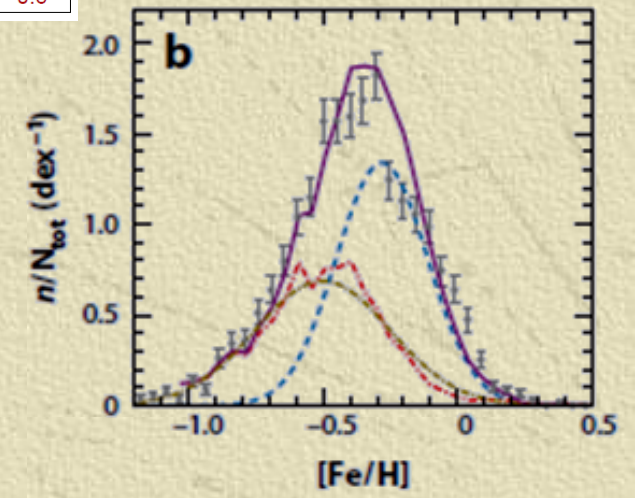
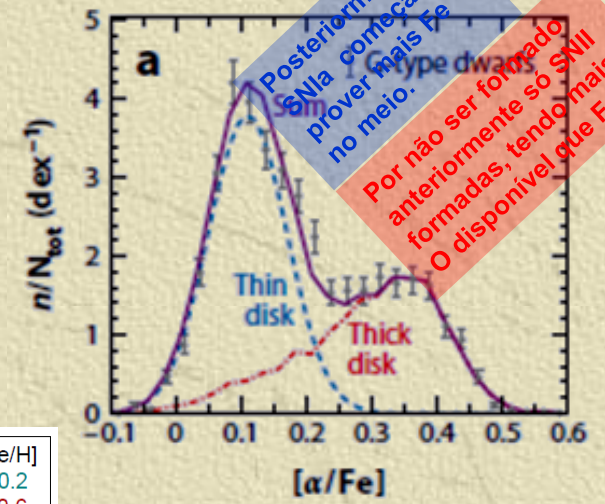


Disco fino & Espesso Pelas Anãs G

O disco fino é onde ocorre toda a “ação”. Braços espirais, ricos em estrelas O e B (incluindo associações OB), aglomerados abertos, regiões HII, etc



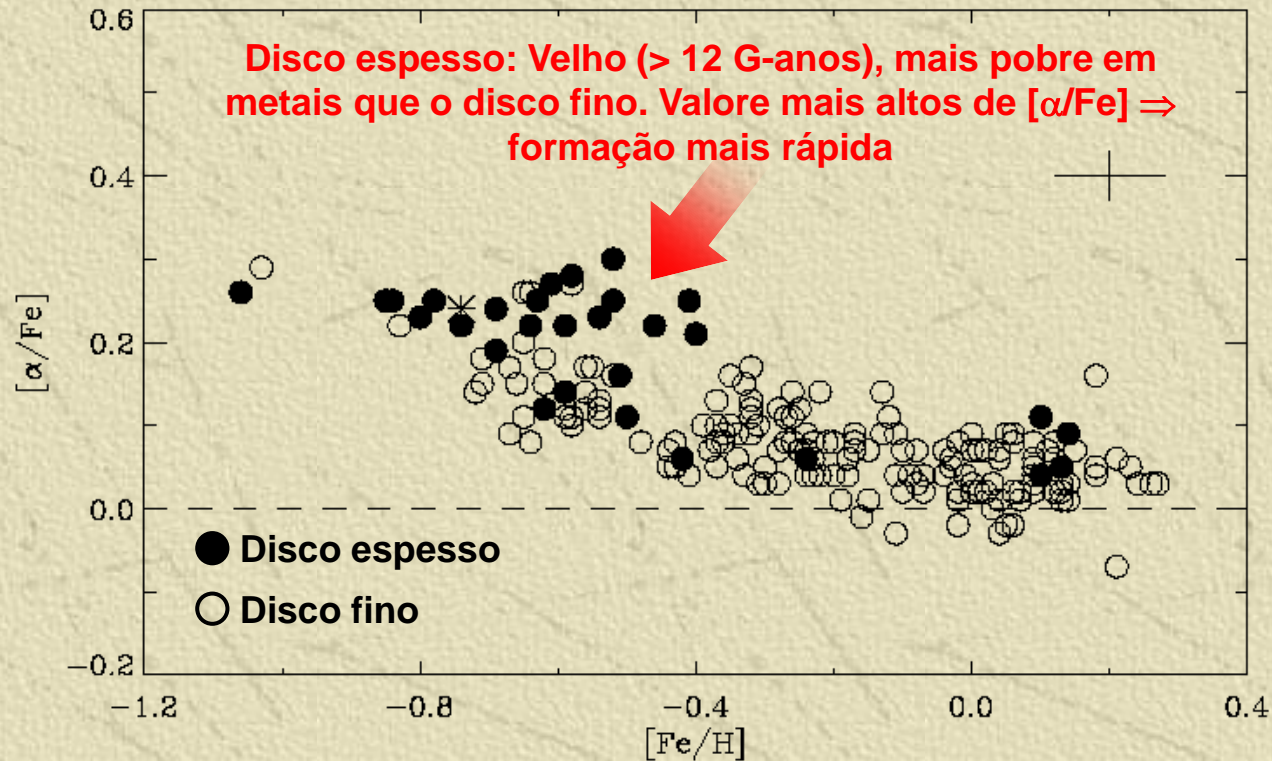
	$[\alpha/\text{Fe}]$	$[\text{Fe}/\text{H}]$
Thin disk	0.1	-0.2
Thick disk	0.35	-0.6



Reflexo da Metalicidade no Disco Fino e Espesso

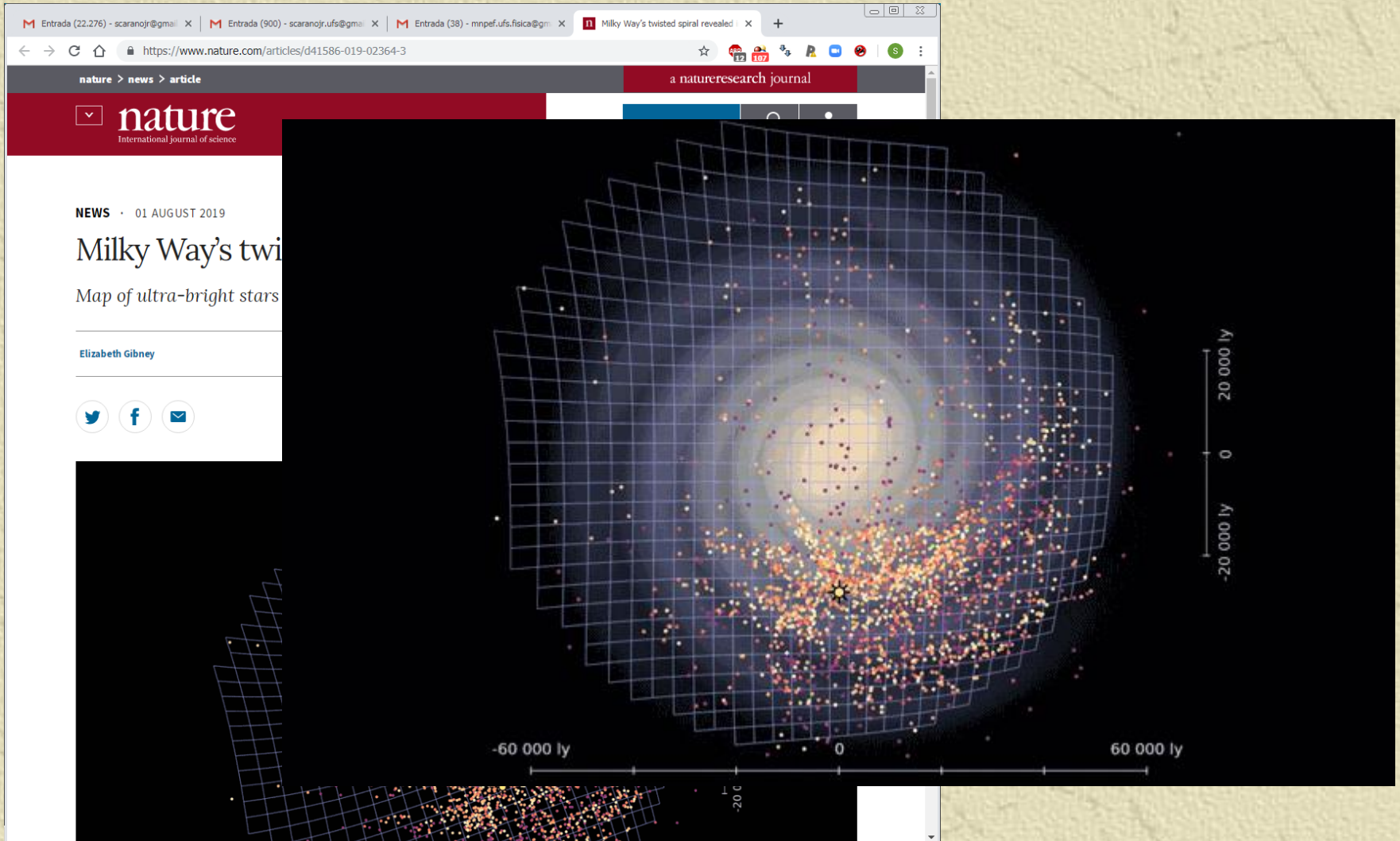
A rotação do halo decresce com a altura sobre o plano galáctico. No plano galáctico diminui a contribuição do disco espesso.

P. E. Nissen



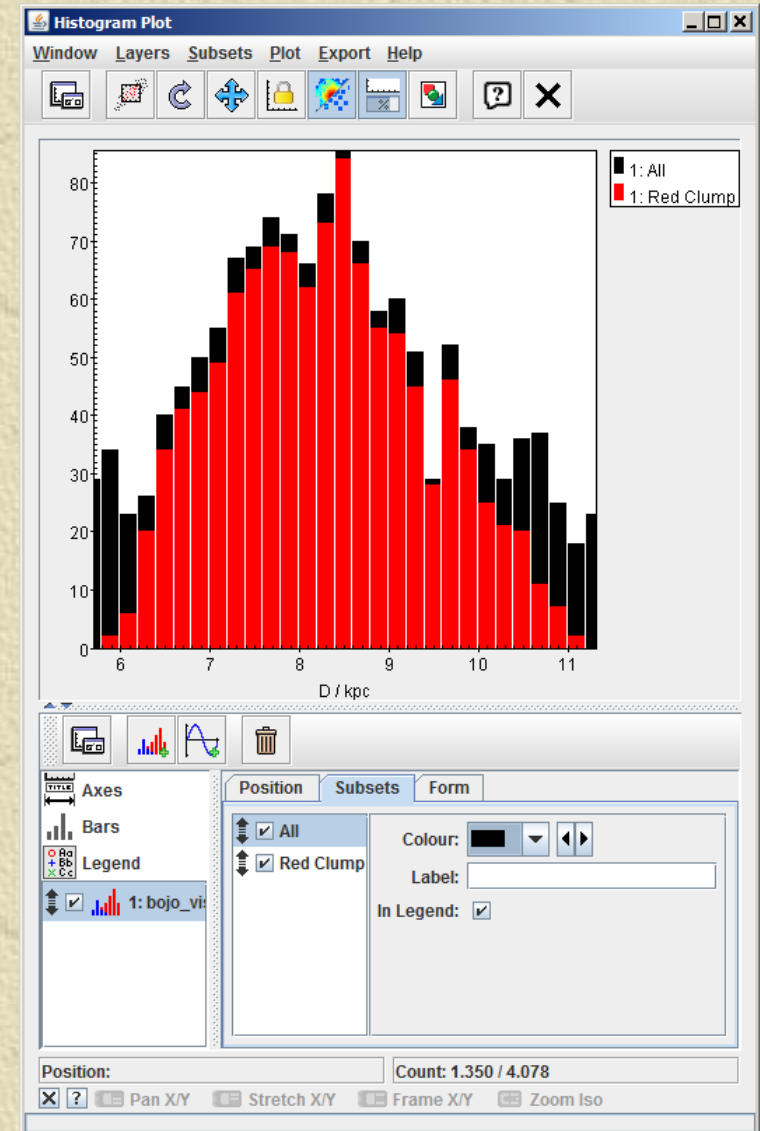
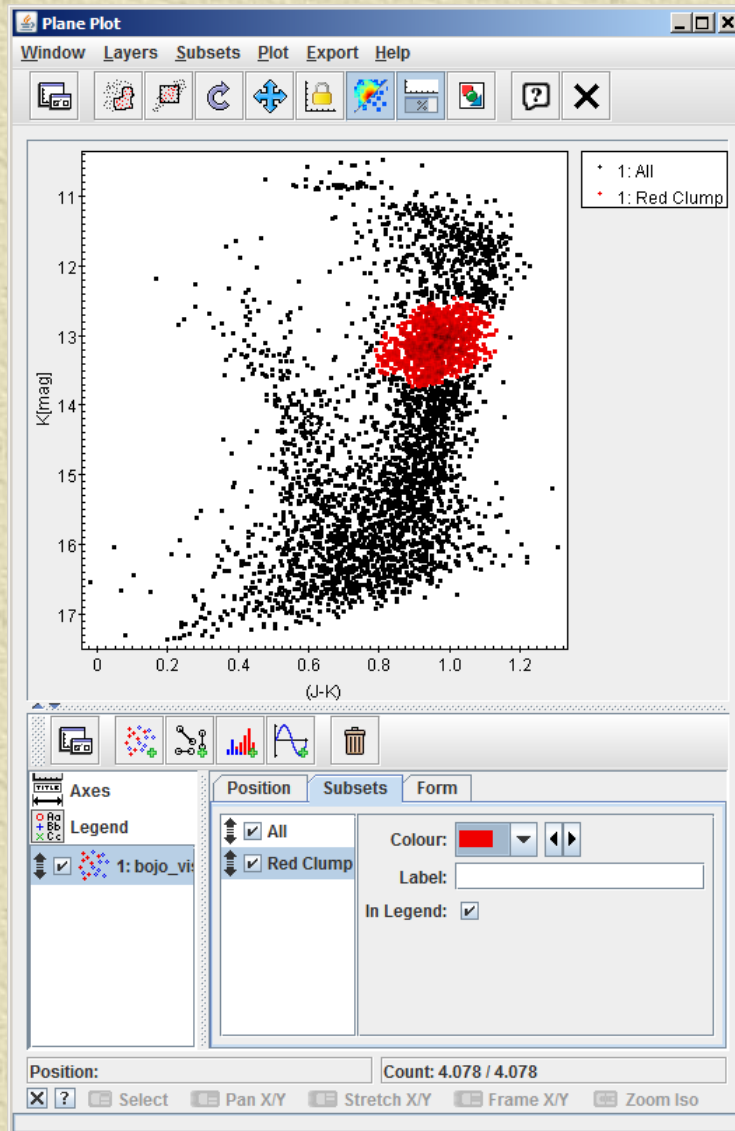
Warps em Nossa Galáxia

Um sistema virializado é entendido como um sistema em que as velocidades sustentam a atração gravitacional. Assim, a velocidade quadrática média é proporcional à "temperatura de um gás de estrelas".



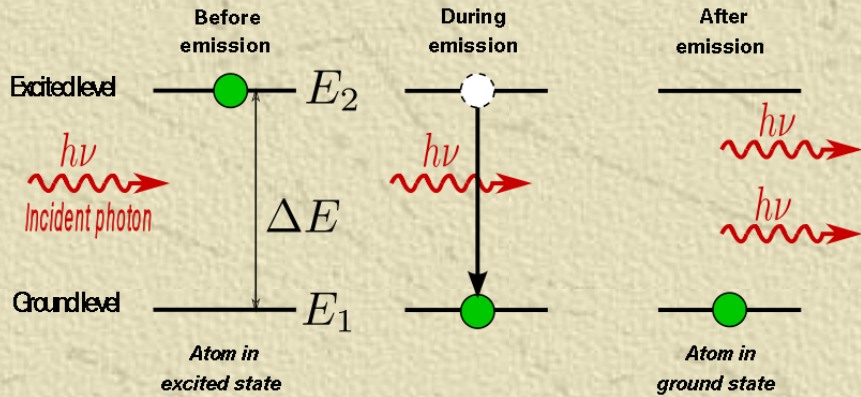
Centro Galáctico Novamente

Combinação de populações:

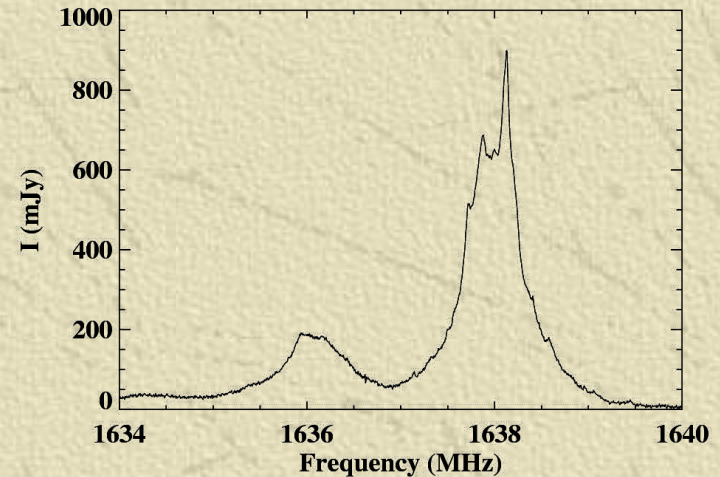
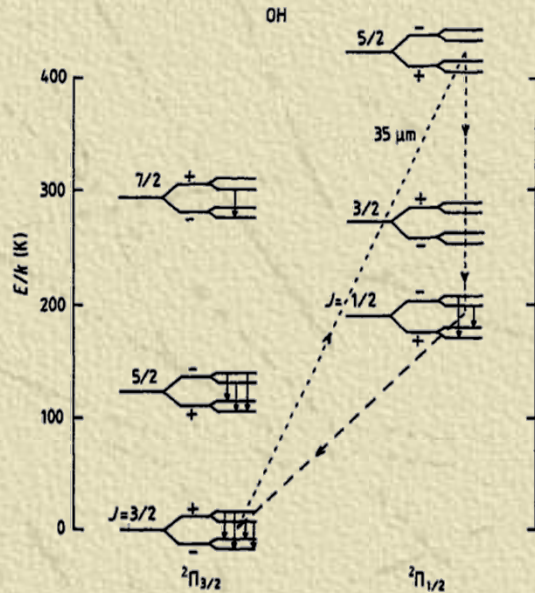
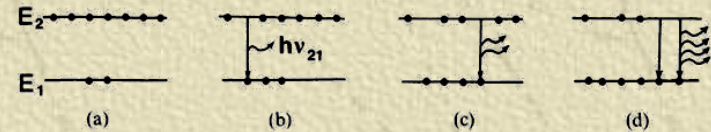
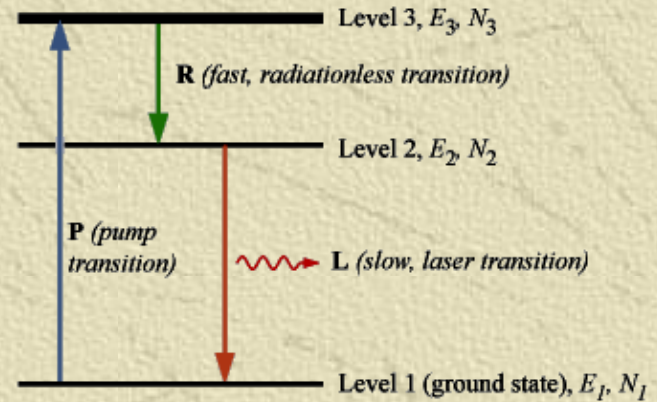


Emissão MASER

Emissão equivalente ao laser, mas em microondas (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Causada pela emissão estimulada de moléculas como OH, CH, H₂O, NH₃, etc.



$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$



Dispersão de Velocidades

Desconhecido o movimento próprio, o melhor que se pode supor com as velocidades radiais observadas é que elas se espalham com igual probabilidade no espaço.

$$\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2$$

Se a distribuição de velocidades é isotrópica:

$$\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma_z^2 = \sigma^2$$

Então:

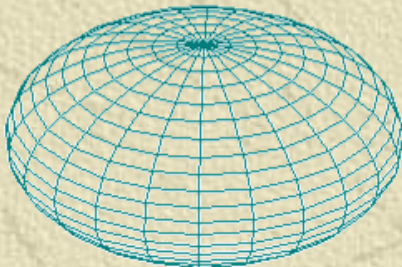
$$\langle v^2 \rangle = 3\sigma^2$$

σ : dispersão de velocidades unidimensional-
"temperatura" do gás de estrelas

Consequentemente, a forma do sistema estelar depende de sua dispersão de velocidades:

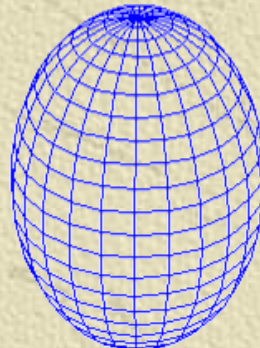
- *Sistemas oblatos:*

$$\sigma_x = \sigma_y > \sigma_z$$



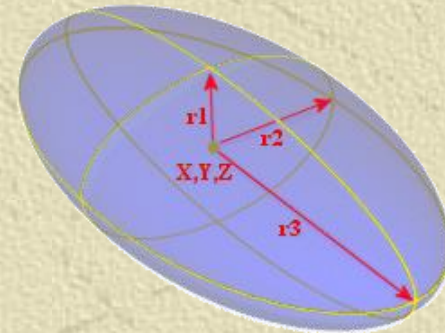
- *Sistema prolato:*

$$\sigma_x = \sigma_y < \sigma_z$$



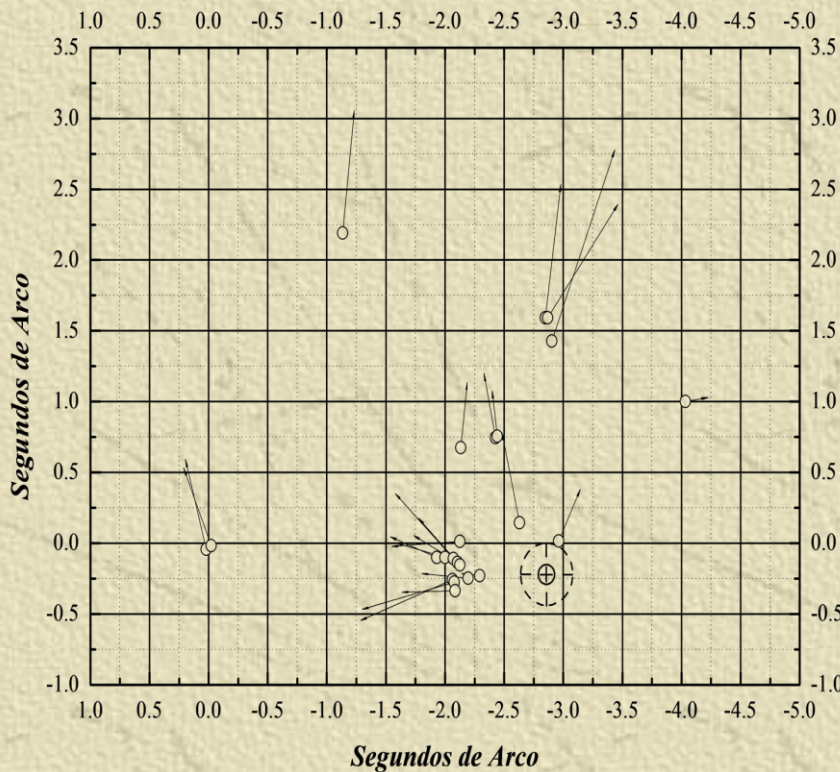
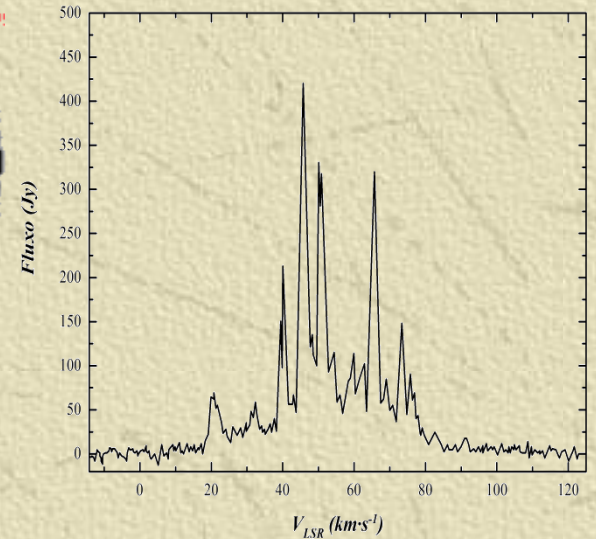
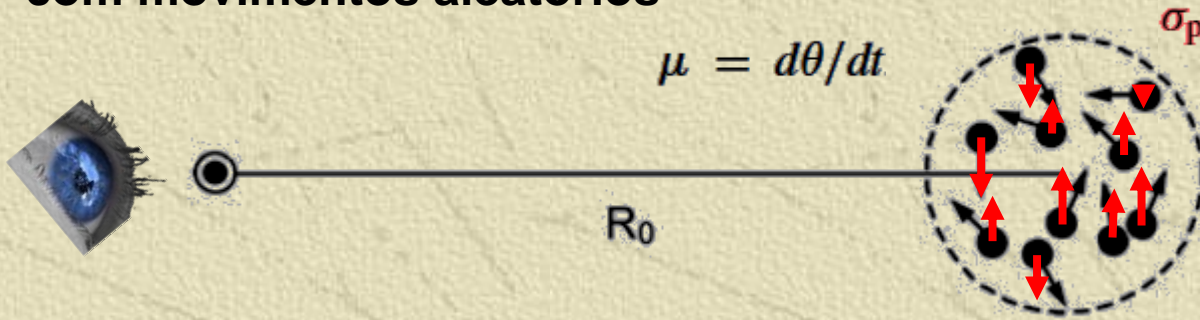
- *Sistemas triaxiais:*

$$\sigma_x \neq \sigma_y \neq \sigma_z$$



Emissão MASER e Centro Galáctico

Considerando nuvens de emissão maser em torno do plano galactico, com movimentos aleatórios



$$\sigma_p \simeq R_0 \langle \mu^2 \rangle^{1/2} \simeq R_0 \left(\frac{\sum \mu^2}{N-1} \right)^{1/2}$$

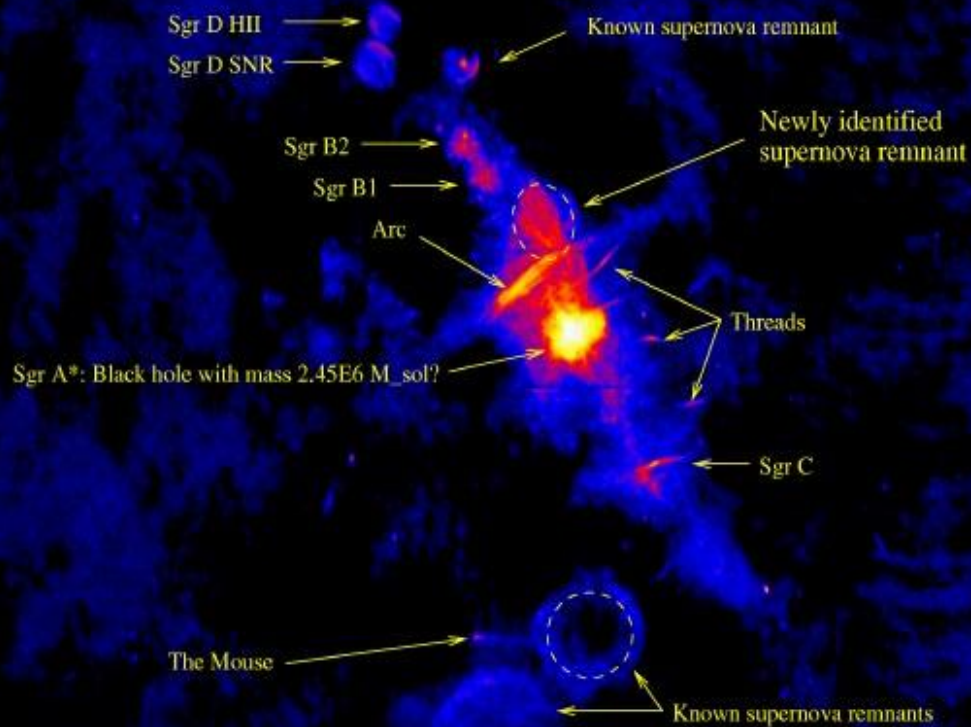
$$\sigma_r \simeq \sigma_p,$$

$$R_0 \simeq \frac{\sigma_r}{\langle \mu^2 \rangle^{1/2}}$$

O Centro da Galáxia

Wide-field Image of the Center of the Milky Way

$\lambda = 90 \text{ cm}$

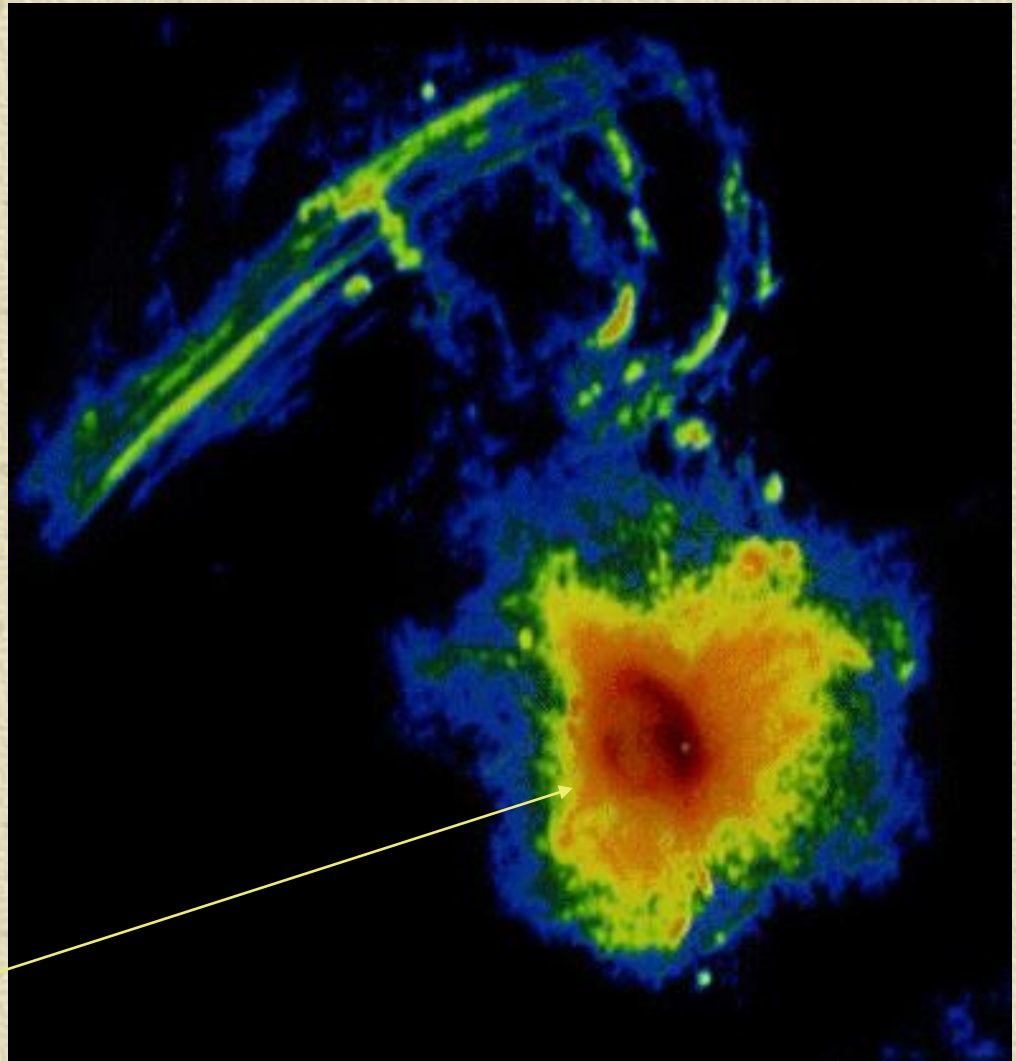


Os 70 parsecs Mais Próximos do Centro

Observações no contínuo do rádio (1.4GHz):

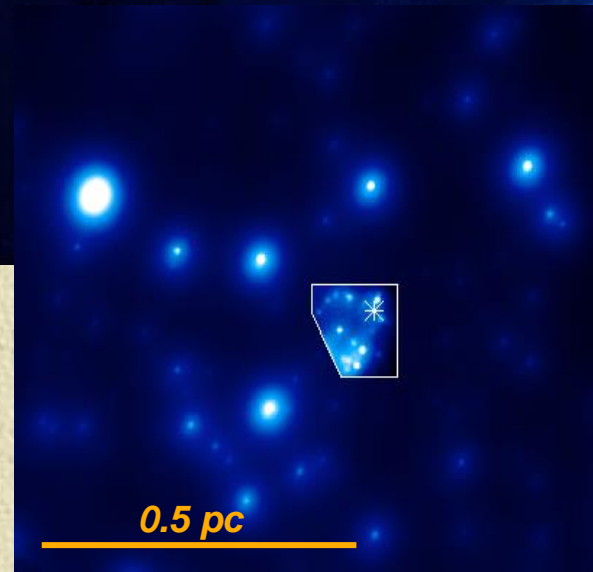
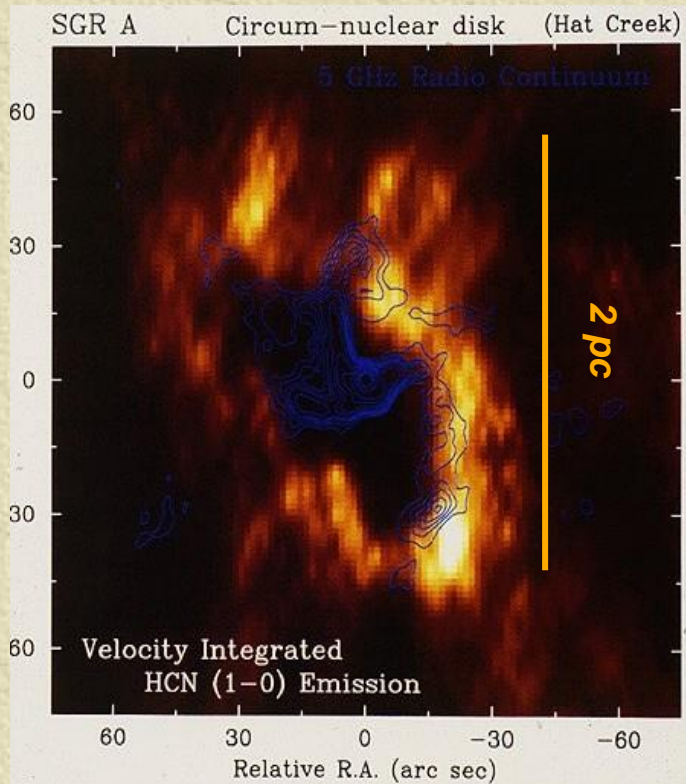
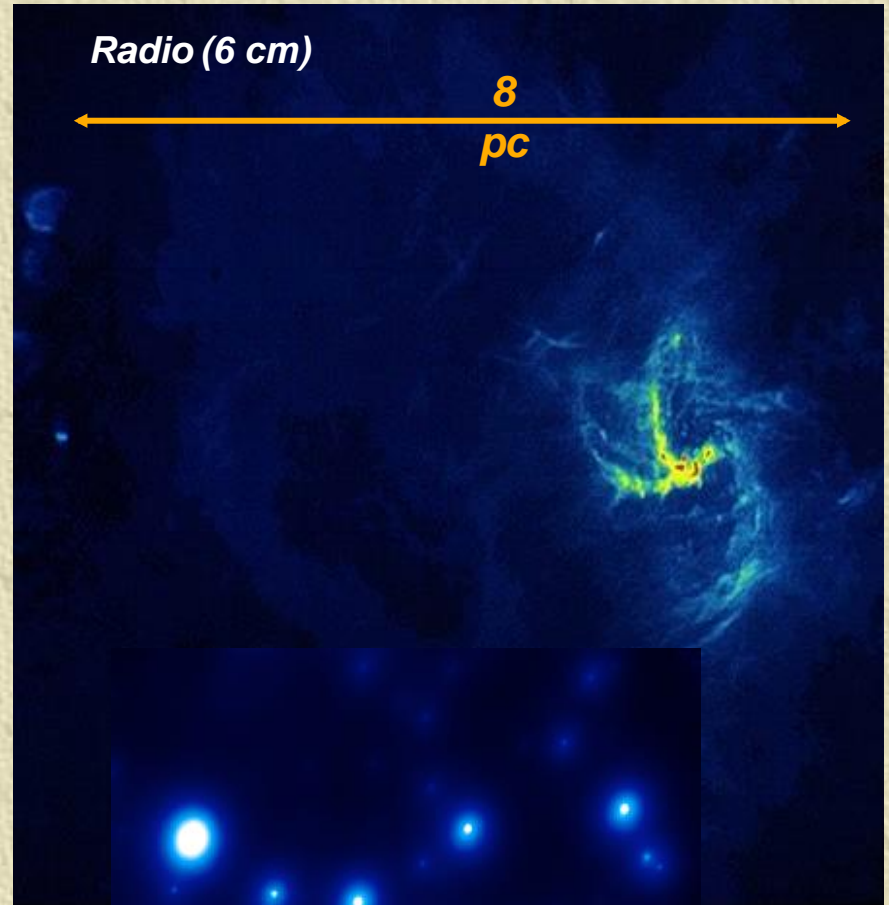
- *Imagem com 0.5° de lado.*
- *Estrutura Filamentar*
- *30 pc de comprimento*
- *1 pc de largura*
- *perpendicular ao plano galáctico*
- *emissão não térmica (synchrotron)*
- *acompanha o campo magnético determinado para o centro da galáxia.*

- **Sagittarius A***



Estrutura de Sagitário A

- “Mini-espiral” de gás ionizado
- Aglomerados estelares em IR
- Anel Molecular no milimétrico

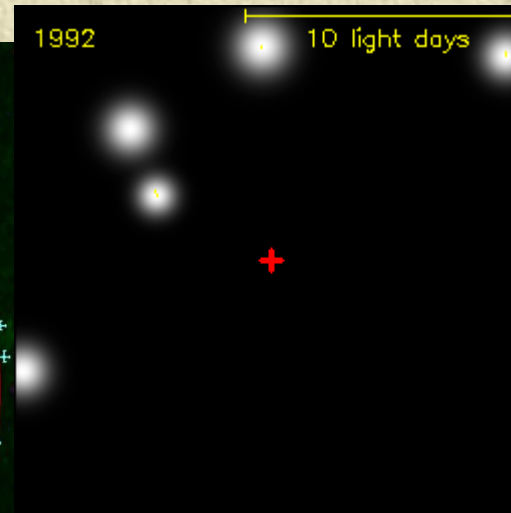
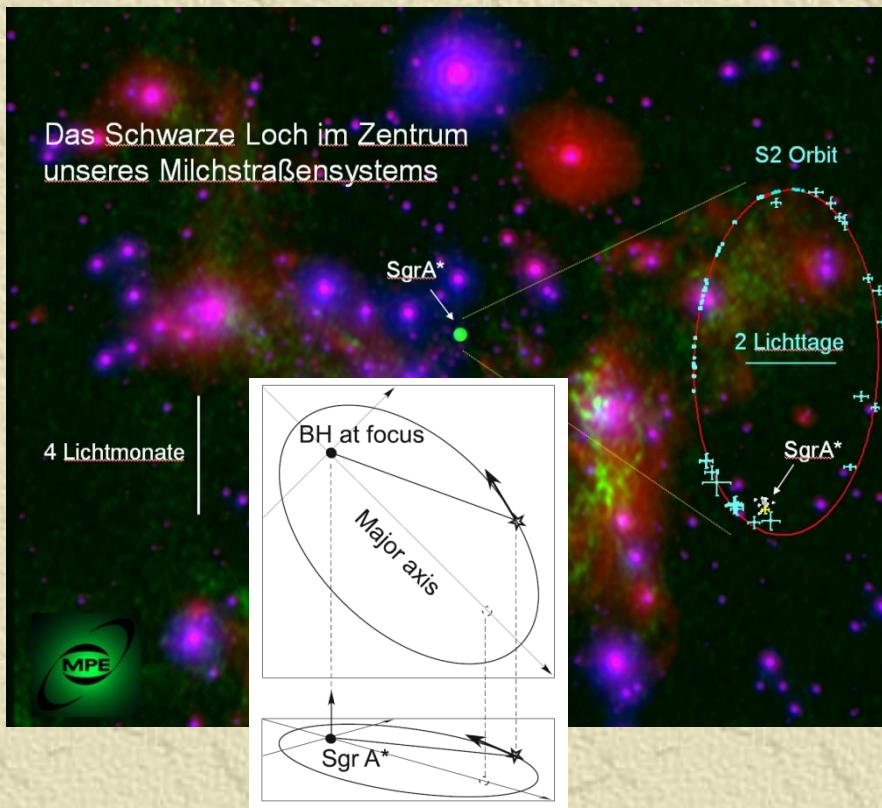


Buracos Negro no Centro da Nossa Gálgxia

“Fácil” de resolver angularmente, de modo que se pode usar a 3a. Lei de Kepler para determinação da massa.

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \theta} \quad (0 \leq e < 1).$$

Quando o objeto está passando próximo do periastro: $r_p = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e}$



$$a_{S2} = 1,4 \times 10^{14} \text{m}$$

$$T_{S2} = 15,2 \text{ yr}$$

$$e = 0,87$$

$$r_p = 1,8 \times 10^{13} \\ = 120 \text{ UA} \\ = 17 \text{ horas-luz}$$

Usando a 3a. Lei de Kepler:

$$M = \frac{4\pi^2 a_{S2}^3}{GP^2} = 7 \cdot 10^{36} \text{ kg} = 3,5 \cdot 10^6 M_{sol}$$

O Bojo Galáctico – Dados do Dirbe Cobe

Primeiro levantamento detalhado do bojo galáctico no infravermelho.

The image displays a multi-window software environment for astronomical data analysis. On the left, a web browser shows the LAMBDA website with navigation links for Home, Data, and COBE. The central window is TOPCAT, displaying a table list with one entry: '1: DIRBE_GPM_P3B.FITS' containing 274 / 3615 M objects. On the right, the 'Sky Plot (1)' window shows a galactic coordinate plot with a color scale for 'Fluxo /' ranging from 0.5 to 200. The plot highlights a horizontal band of high flux density across the Galactic Bulge. In the foreground, a 'Define Synthetic Column' dialog box is open, with the following fields: Name: Fluxo; Expression: Photomet[0]; Units: (empty); Description: (empty); UCD: (empty, no UCD); Index: 3. The bottom right window shows the 'Form' configuration panel for the Sky Plot, with 'Shading Mode' set to 'aux' and 'Aux' set to 'Fluxo'. The 'Global Style' section shows 'Shape' as a circle, 'Size' as 2, and 'Color' as a gradient. The 'Subset Styles' section shows 'Subset' as a dropdown and 'Visible' as a checkbox.