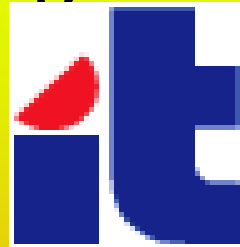


Astronomia Extragaláctica

Domingos Barbosa



Grupo de RadioAstronomia

Enabling Sciences & Supporting Technologies

IT – Aveiro

4ª. EAG 2008

1 - Dos objectos: da nossa galáxia á vizinhança

2- Da matéria: dinâmica e evolução

3- Da Radiação: dos fósseis ás sombras

Astronomia extragaláctica: um facto do seculo XX
desenvolvimento tecnológico fundamental

No entanto:

Messier e Herschel & Herschel (sec. XVIII)
taxonomia astronómica: catálogo de Messier

Espectroscopia (sec. XIX)+grandes instrumentos



Nova astronomia (sec. XIX): astrofísica

"No competent thinker, with the whole of the available evidence before him, can now, it is safe to say, maintain any single nebula to be a star system of coordinate rank with the Milky Way." Agnes Clerke (1890).

Opik (1922) - o primeiro a demonstrar que M31 (galáxia de Andromeda) está muito distante : $D(M31)=450$ kpc.

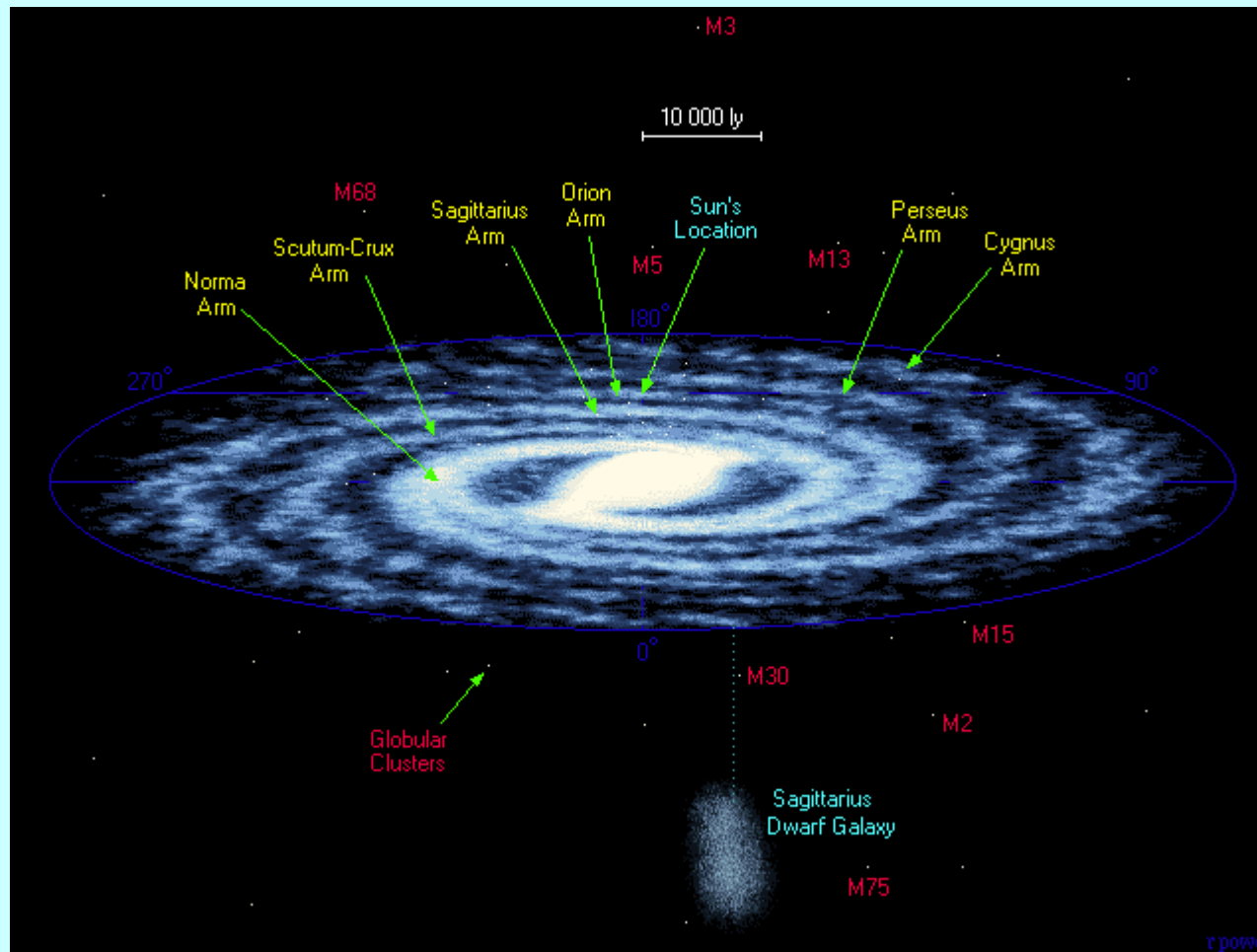
Hubble(1924) - fecha o debate : observação individual de estrelas variáveis Cefeidas em M31. Relação Período-Luminosidade das Cefeidas mostra que M31 é um universo-ilha constituído por estrelas. $D(M31) = 770$ kpc.

Wirtz(1924) - argumenta que o desvio para o vermelho varia com a distância.

Hubble(1929) - lei de Hubble : $V= H d$

Thomas Kuhn (1962): a ciência move-se por saltos, crises, nas quais a comunidade está pronta a mudar o paradigma de trabalho nas quais as questões são colocadas e as perguntas obtidas. É a cosmologia dos anos 30. A evidência de que as nebulosas espirais são galáxias de estrelas espalhadas pelo cosmos mostra que o Universo não é vazio. Mais ainda: a recessão das galáxias não se compadece com um Universo estático! Viva a RG: um Universo dinâmico em expansão emerge "naturalmente".

A Via Láctea: a nossa Galáxia



Via Láctea :

- * aglomerado de 200 bilhões de estrelas
- * disco 30 kpc diâm. E 600 pc de esp. com estrelas distribuídas em espiral.
- * Núcleo central esférico de 3 kpc.
- * Grande halo esférico difuso com estrelas de fraca luminosidade.



Disco da galáxia:

* Contêm quase todo o gás da galáxia

Essencialmente HI e HII, poeira = partículas de $>\sim 1$ mm.

Poeira contém os elementos químicos mais pesados.

**Braços em espiral: grandes nuvens de gás
, sobretudo H₂ = ninhos de estrelas.**

Sobretudo estrelas de População I:

**Nos braços em espiral, ricas em metais (1% da massa),
jovens ($t < 8$ bilhões de anos); associadas em enxames
abertos, irregulares com $D \sim 10$ pc.**

Estrelas de População II: encontram-se um pouco por todo lado; sobretudo na parte central do halo; muitas com órbitas elípticas e associam-se em enxames globulares: esferas de centenas de milhar de estrelas, Diam~ 100 pc.

Apenas Pop. I no disco: indícios de actividade recente! Formação estelar; supernovas: bolhas esféricas de menor densidade do meio interestelar. $D \sim 500$ pc e $t \sim 10^7$ anos.
Uma esponja!

Riscas de absorção



Riscas de emissão



Um exemplo de bolha: Cassiopeia A



Núcleo Central

Grande densidade de estrelas, distribuição elíptica (uma grossa barra central).

Estrelas velhas, mas ricas em metais:

primórdios da formação estelar e enriquecimento do meio estelar por SUPERNOVAS : a 2ª geração de estrelas

Grande densidade de poeiras e...**PODEROSA EMISSÃO DE RADIAÇÃO** (Sagittarius A)



Acreção de matéria, gás: buraco negro massivo!
Massa=2-5 milhões de M_{\odot}

A high-resolution image of the core of galaxy NGC 4261, showing a bright, yellowish-white central region with a distinct, slightly elongated structure. The core is surrounded by a diffuse, reddish-brown glow that fades into the dark background of space. The image is centered in the upper half of the frame.

Core of Galaxy NGC4261

PRC95-47 · ST ScI OPO · December 4, 1995
H. Ford and L. Ferrarese (JHU), NASA

HST · WFPC2

Porquê um BN : emissão forte:
e diâmetro= órbita da Terra em torno do Sol!

Halo :

Essencialmente: estrelas População II, pouco luminosas, órbitas elípticas, muito excêntricas quando isoladas, mas sobretudo associadas em enxames globulares.

Mas também : estrelas População III, pobres em metais,
- as mais antigas da galaxia.

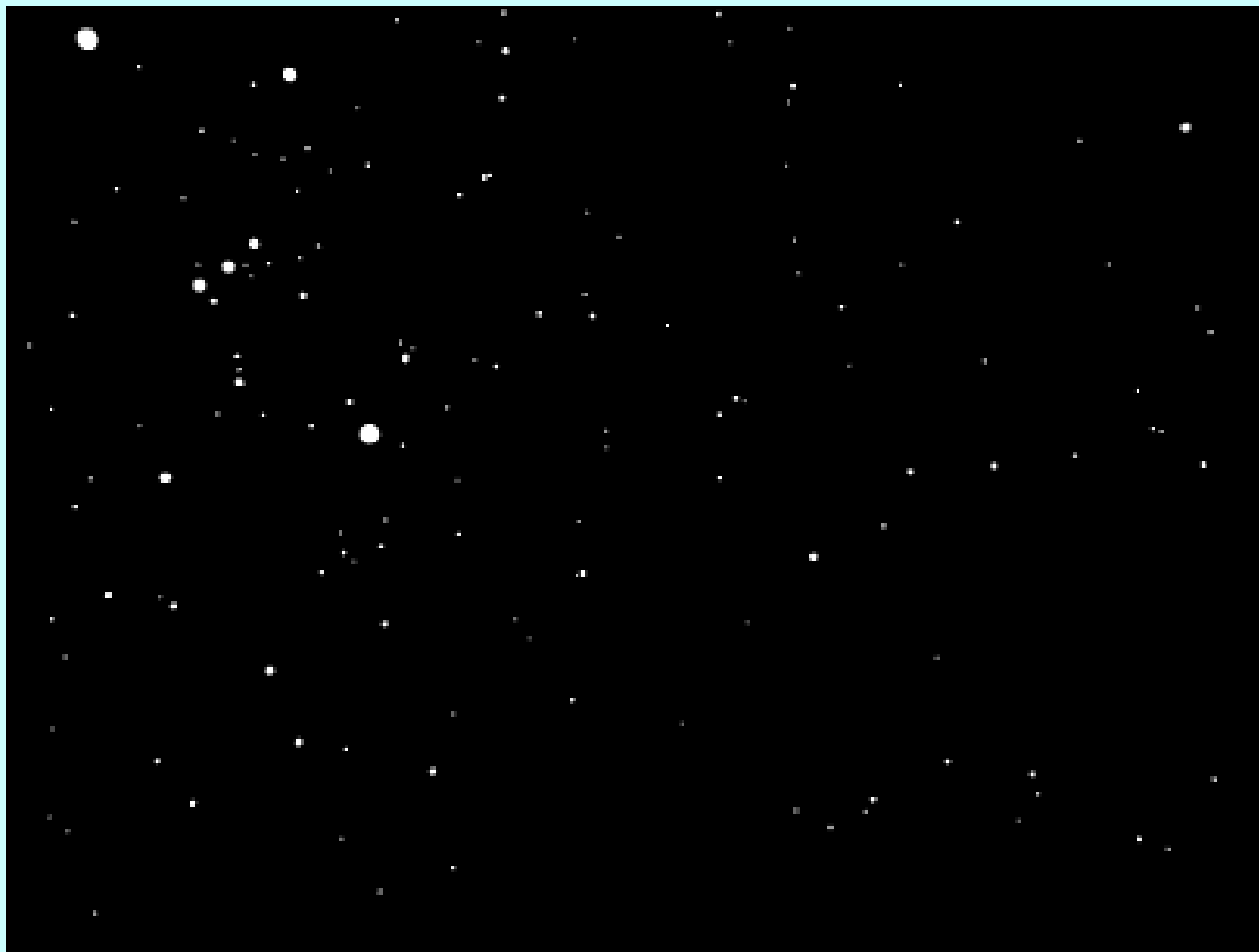
Massa do halo: a bariônica - estrelas de neutrões e Bns produzidas por Sns. Mas sobretudo **Matéria Escura**.

Dinâmica e matéria escura

- Medidas dinâmicas como a velocidade orbital das estrelas. Uso do efeito Doppler-Fizeau nas riscas espectrais.
- Distâncias: paralaxe trigonométrica. Vai até 0.001 arcsec ou 1 kpc. Catálogo preciso: Hipparcos, ESA, 1990-1993, 2 milhões de estrelas.
- Relação Período-Luminosidade de estrelas variáveis: RR Lyrae e Cefeidas. P aumenta com L. Sabendo a luminosidade intrínseca de uma estrela, podemos determinar a magnitude absoluta => Distâncias até 2 Mpc
- Disco roda, mas não como um corpo rígido: movimento de rotação diferencial. **Sol : $v=220$ km/s e $P=230 \times 10^6$ anos.**

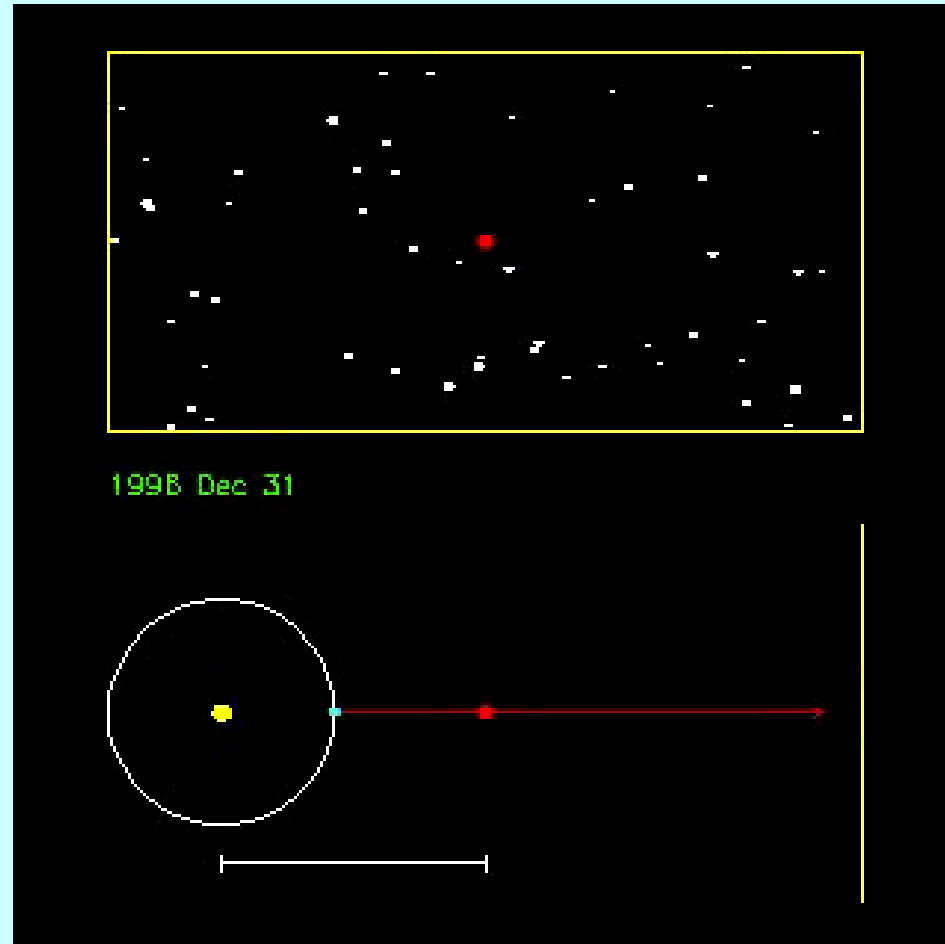
I : A distância

- Recap... 1 AU = 150 milhões de km.
- Distância das estrelas mais perto ?
- Observar o fluxo...
 - Fluxo decresce com o quadrado da distância.
 - Estrelas mais brilhantes são cerca de 10^{11} times mais “fracuinhas” que o Sol...
 - Para uma mesma luminosidade, => estão 300,000 times mais longe (i.e. 300,000 AU, ou cerca de 5 anos-luz).



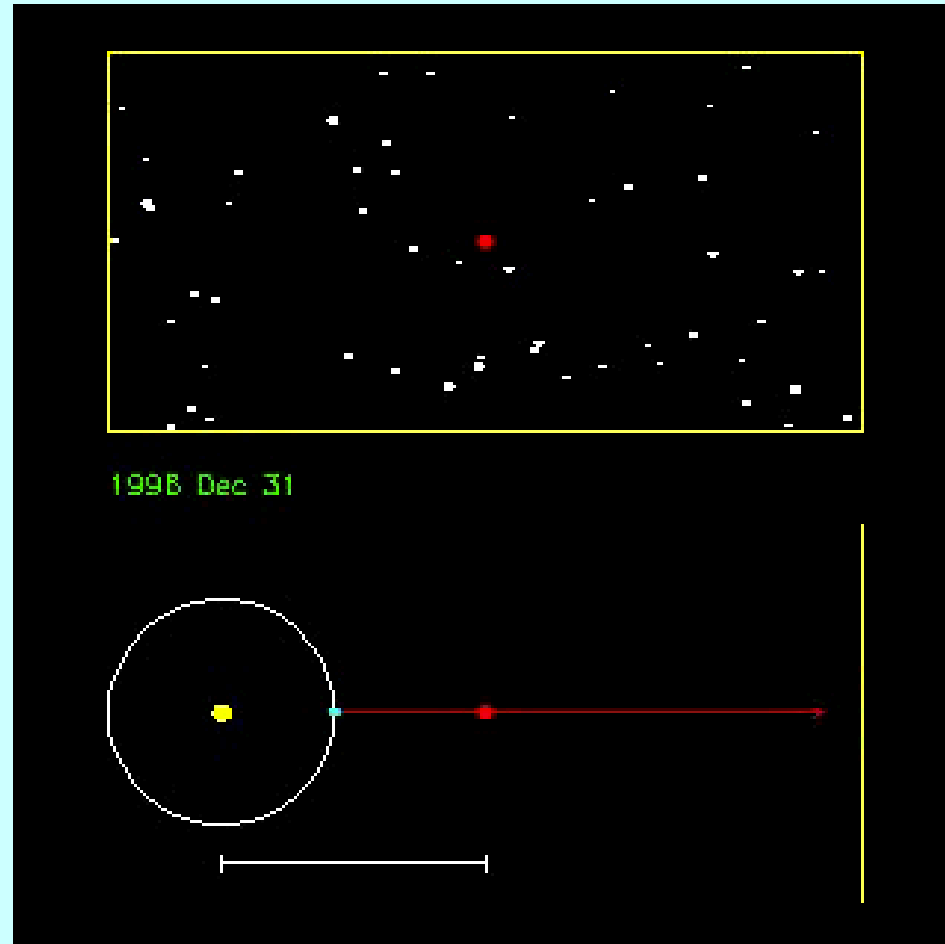
Paralaxe Estelar

- Paralaxe :
 - As estrelas parecem mexer-se no céu devido ao movimento de translação da Terra.
 - Podemos utilizar este método para medir distancias próximas (distância Terra-Lua é bem conhecida).
 - Define o parsec (paralaxe de $1'' = 3.26$ AL).

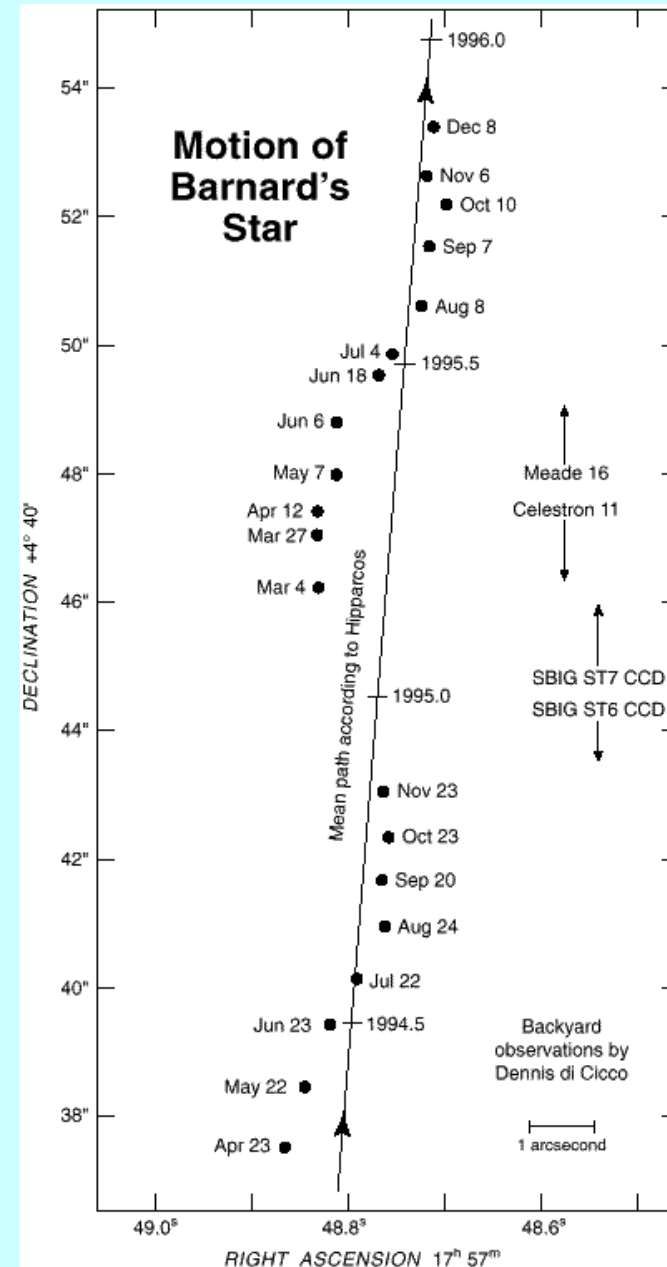


Paralaxe Estelar

- Paralaxe :
 - As estrelas parecem mexer-se no céu devido ao movimento de translação da Terra.
 - Podemos utilizar este método para medir distancias próximas (distância Terra-Lua é bem conhecida).
 - Define o parsec (paralaxe de $1''=3.26$ AL).



- Se o movimento da estrela tem uma amplitude de 1 arcsec (1/3600th de 1 grau), então está á distancia de **1 parsec** (definição de parsec).
 - 1 pc = 3.26 AL.
 - Basicamente,
- $$D(\text{pc}) = \frac{1}{\text{wobble}(\text{arcsec})}$$
- A estrela mais próxima is está a 1.2 parsecs (250,000 UA; 4 AL) de nós.
 - Método funciona até 1000 pc.



II : Propriedades Estelares

- Estrelas têm várias...
- Luminosidades
 - Estrela pouco brilhante = $0.0001 \times L_{\odot}$.
 - Estrela Poderosa = $50,000 \times L_{\odot}$.
- Massas (~ 0.1 a $100 M_{\odot}$)
 - Estrelas maiores são geralmente mais luminosas.
- Cores
 - Dependem da temperatura superficial.
 - Estrela fria (VERMELHO) = 3000 K.
 - Estrela Quente (AZUL) = 30,000 K.

"topaz & safira"



Beta Cygni (estrela dupla, Albireo)

- Com luminosidade e temperatura, podemos calcular o raio estelar usando a lei de “Stephan-Boltzmann ”:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

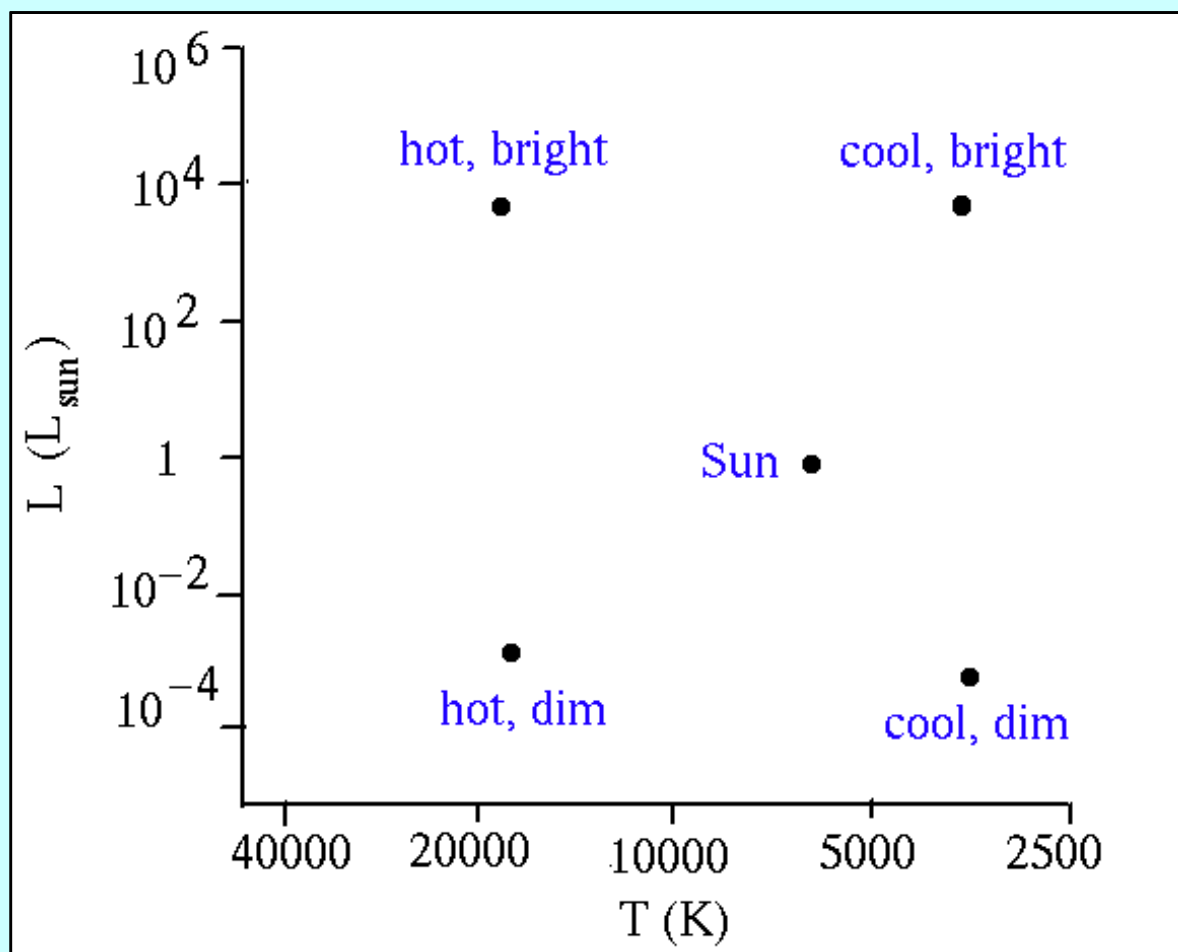
- ou -

$$(L/L_{\odot}) = (R/R_{\odot})^2 (T/T_{\odot})^4.$$

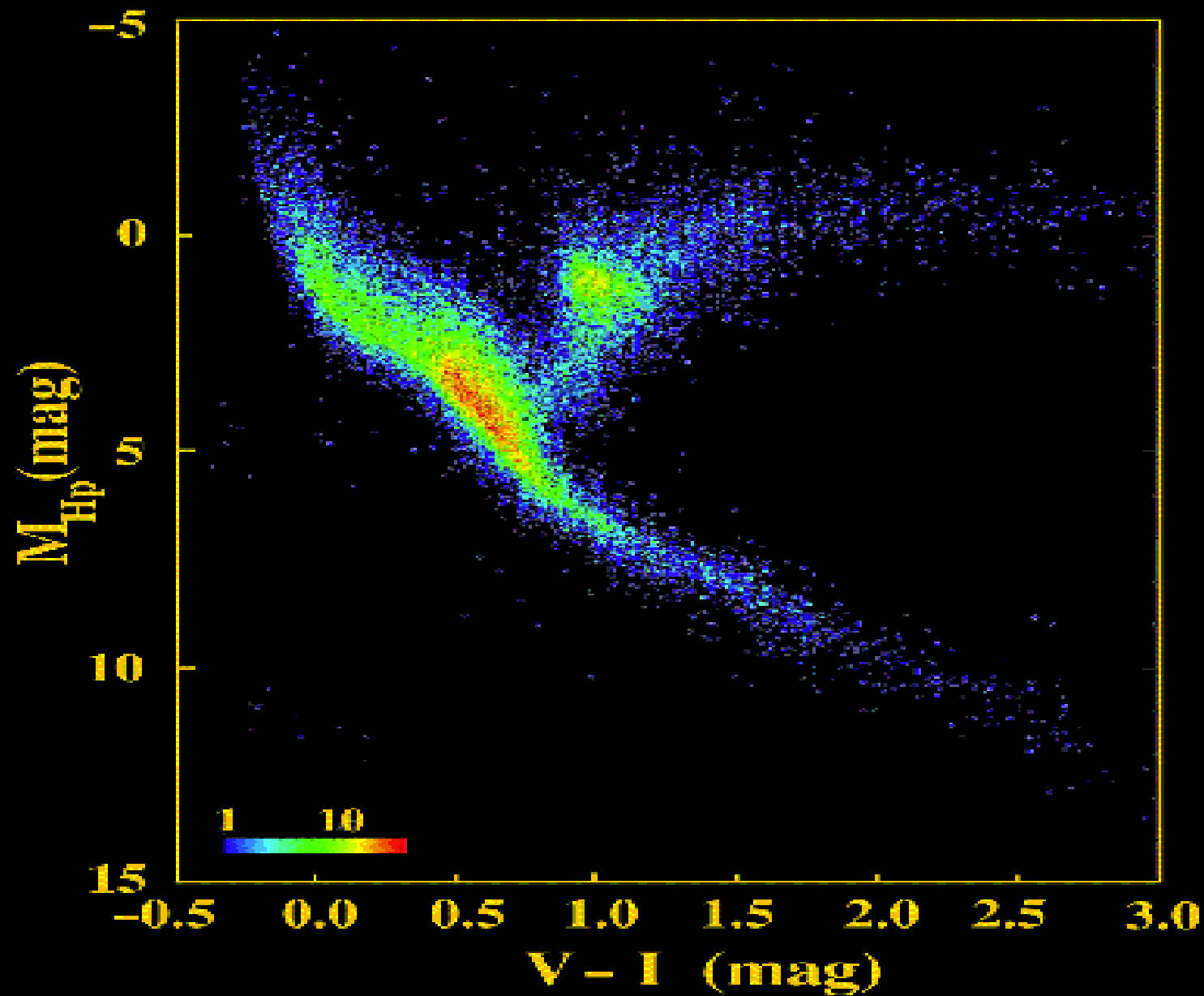
- Importante –
 - $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ = constante de Stephan-Boltzmann.
 - Luminosidade aumenta very rapidamente com a temperatura ($\times 2 T \Rightarrow \times 16 L$) e raio ($\times 2 R \Rightarrow \times 4 L$).

II : O diagrama de Hertzsprung-Russell

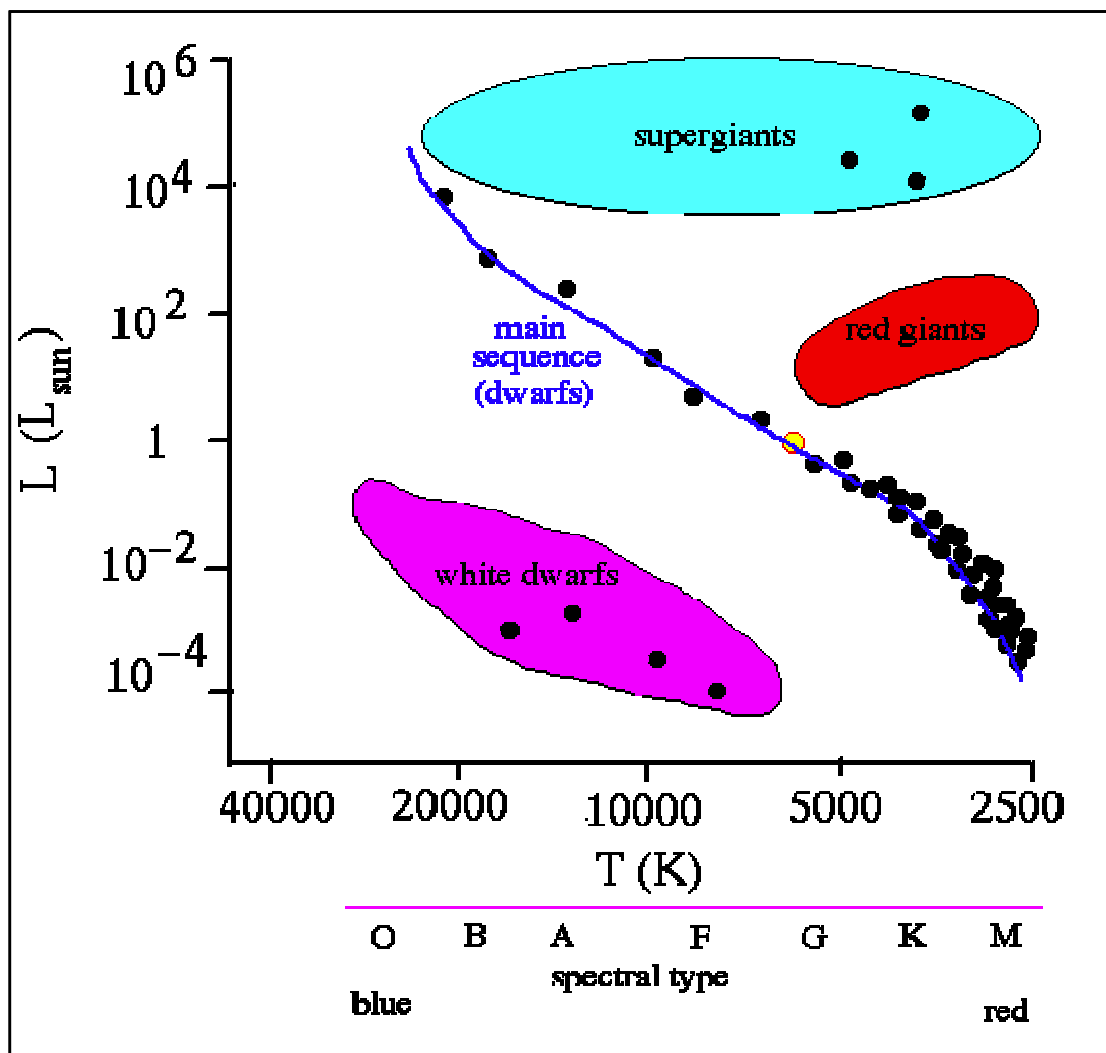
- Muito importante para a astronomia.
- Plot da luminosidade vs temperatura para estrelas
- “Cladística” estelar...



Hertzsprung - Russell: ($\sigma_{\pi} / \pi < 0.2$)



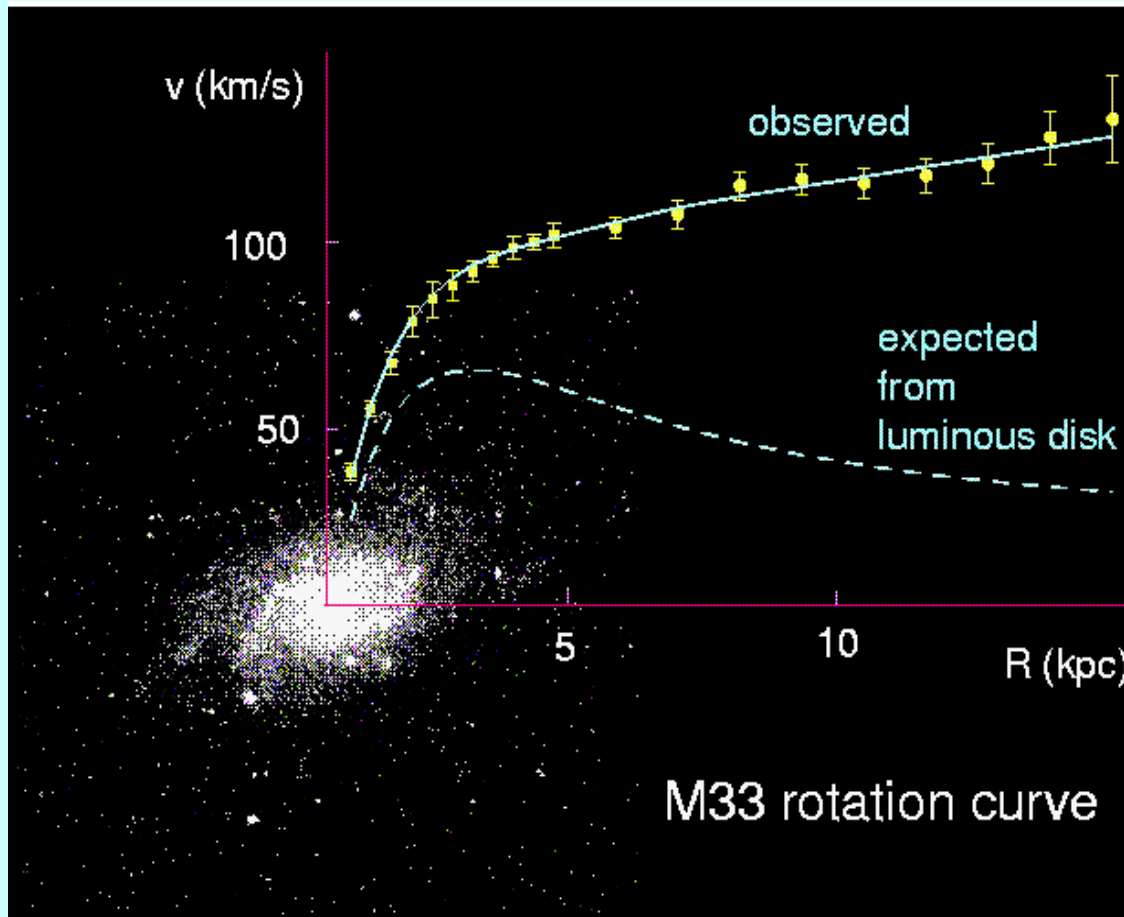
O diagrama Hertzsprung-Russell (esquema)



Aplique-se a 3a. Lei de Kepler

- $M_{int} + M_o = R^3 / P^2 = v r$;
- **$R_o = 8.5$ kpc; $P = 2.3 \times 10^8$ anos ; $M_{int} \gg M_o \Rightarrow$
 $M_{int} = 10^{11} M_o$.**
- Supondo que o acréscimo de massa exterior é pequeno, $v \rightarrow 0$
- No entanto: Nas orlas da galáxia: v não Kepleriano! É necessária Massa (Zwicky 1930).
Exemplo: $v = 250$ km/s, $R = 15$ kpc \Rightarrow
- **$M = 2.5 \times 10^{11} M_o$. $M_{lum}(R > 8.5 \text{ kpc}) \sim 20\%$ L_{gal}**

O problema da matéria escura



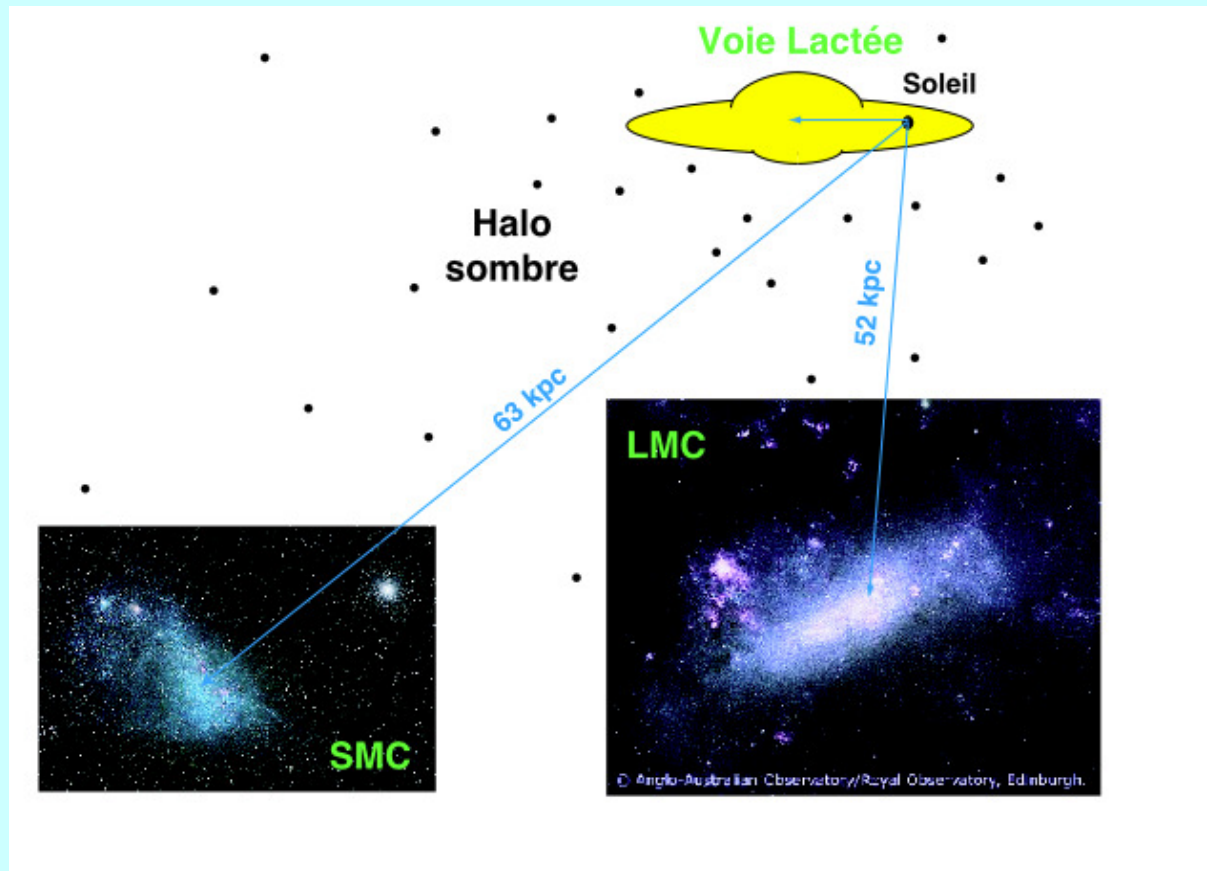
Ou a gravitação não se comporta como previsto...

ou

Há evidências para halos de matéria não visível

90% da massa das galáxias é invisível !

A procura dos objectos compactos...



Observação da magnitude de 50 milhões de estrelas durante 7 anos

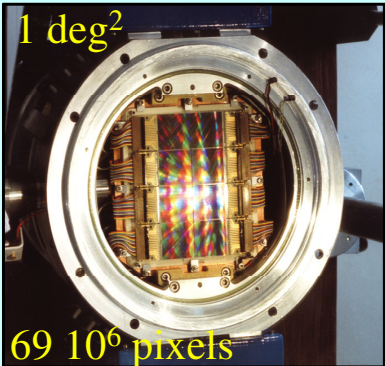
Gestão e análise de grandes quantidades de dados...

e nada....muito poucas microlentes...

Poucos objectos compactos !

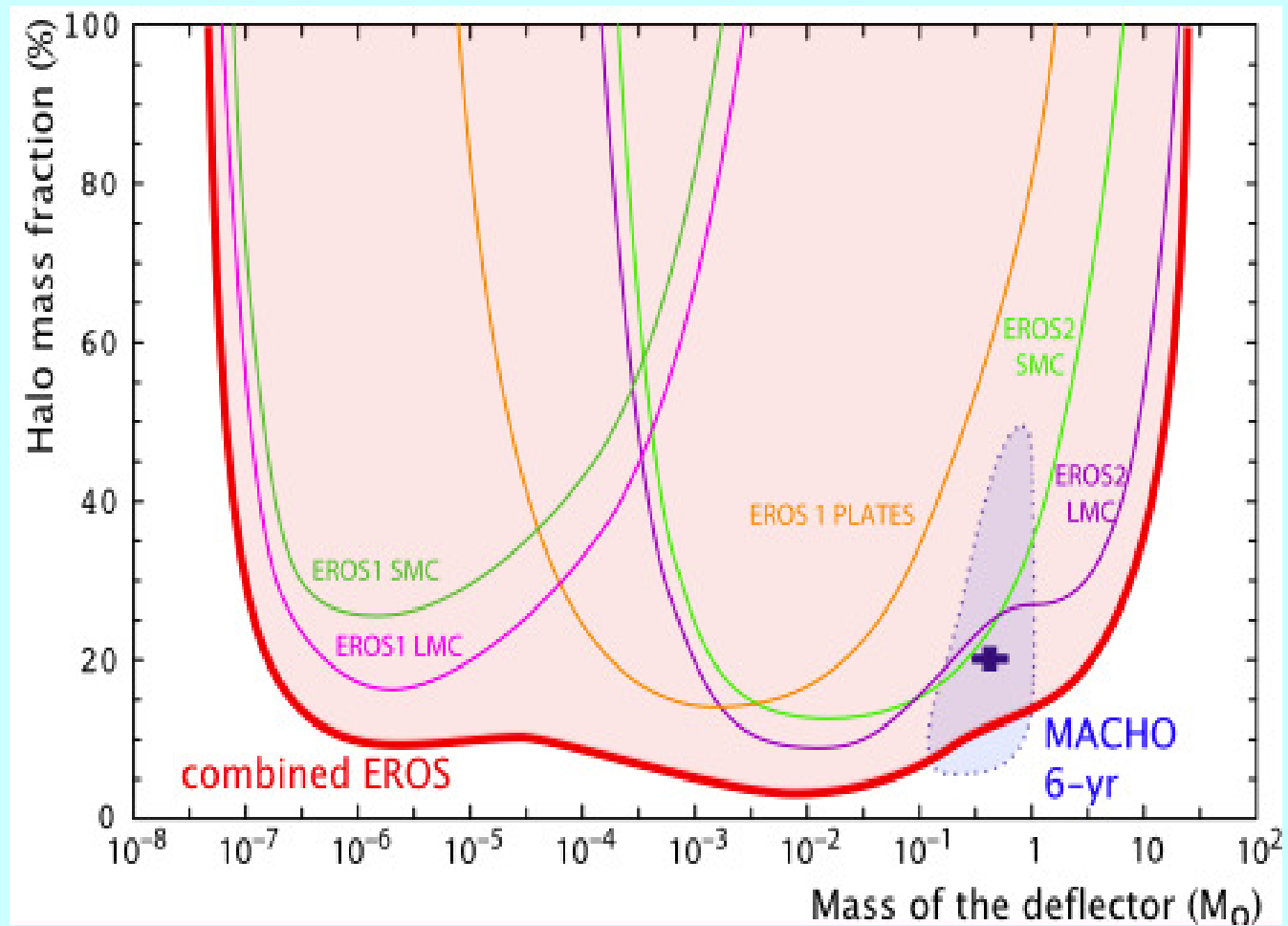


Telescópio dedicado



Camêra inovadora

Experiências EROS (France) e MACHO (USA)



Mas, o que é a Matéria escura ?

* Bariónica (protões, neutrões, electrões), sob a forma de restos estelares, como anãs brancas ou castanhas

* Mais exotismo: partículas elementares massivas, de fraca interacção, obedecendo aos puros prazeres gravíticos como WIMPS, axiões, etc...

Detecção com: microlentes gravitacionais (aumento do brilho aparente de 1 objecto quando um objecto escuro passa em sua frente e detectores de cristais (registo do impacto de uma partícula na vibração da estrutura cristalina).

Experiências MACHOS, EROS, OGLE: algumas microlentes
=> M bariões <50% M gal. M escura > 50% M galáxia!

Whirlpool Galaxy • M51

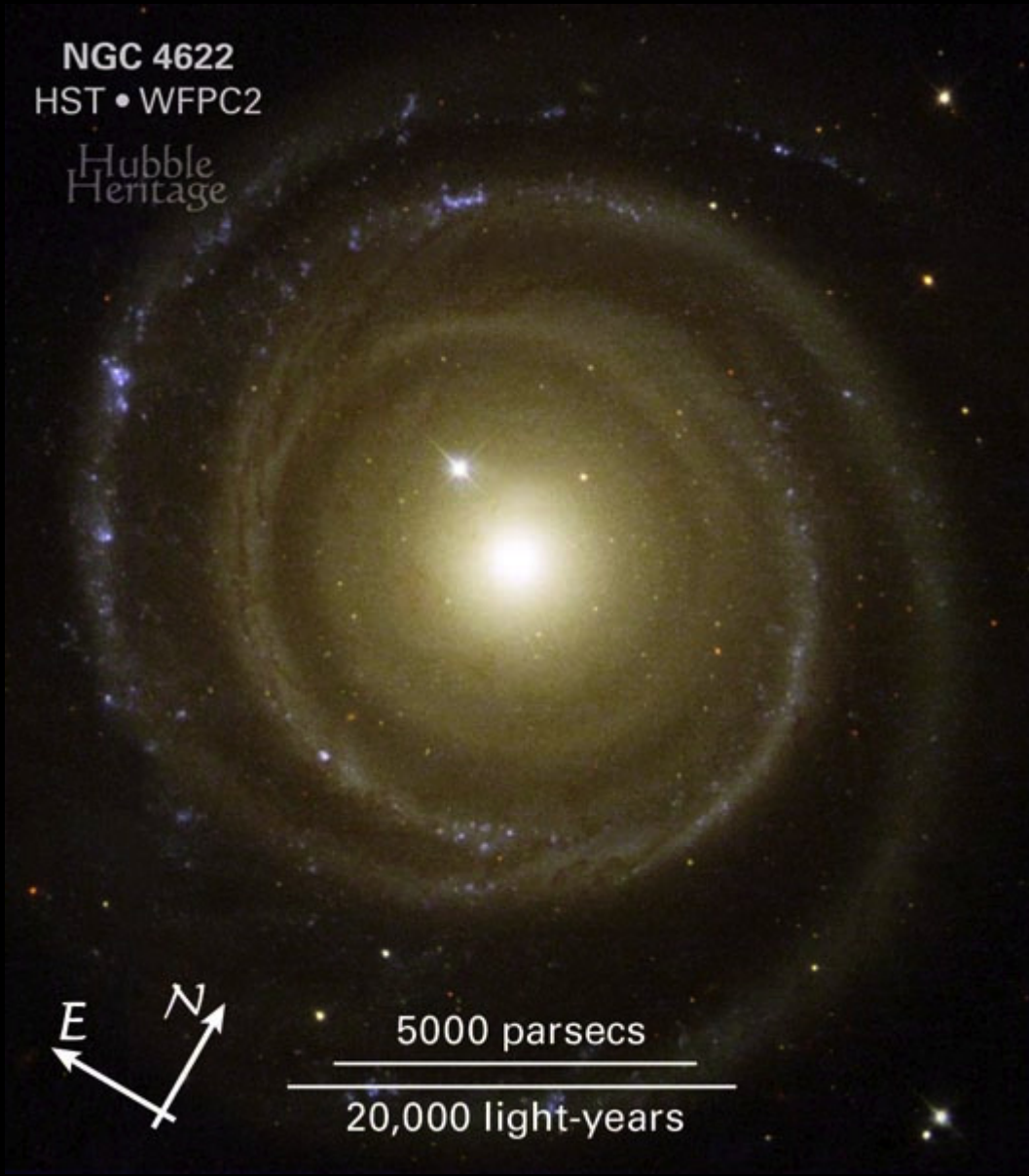


Hubble
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC01-07

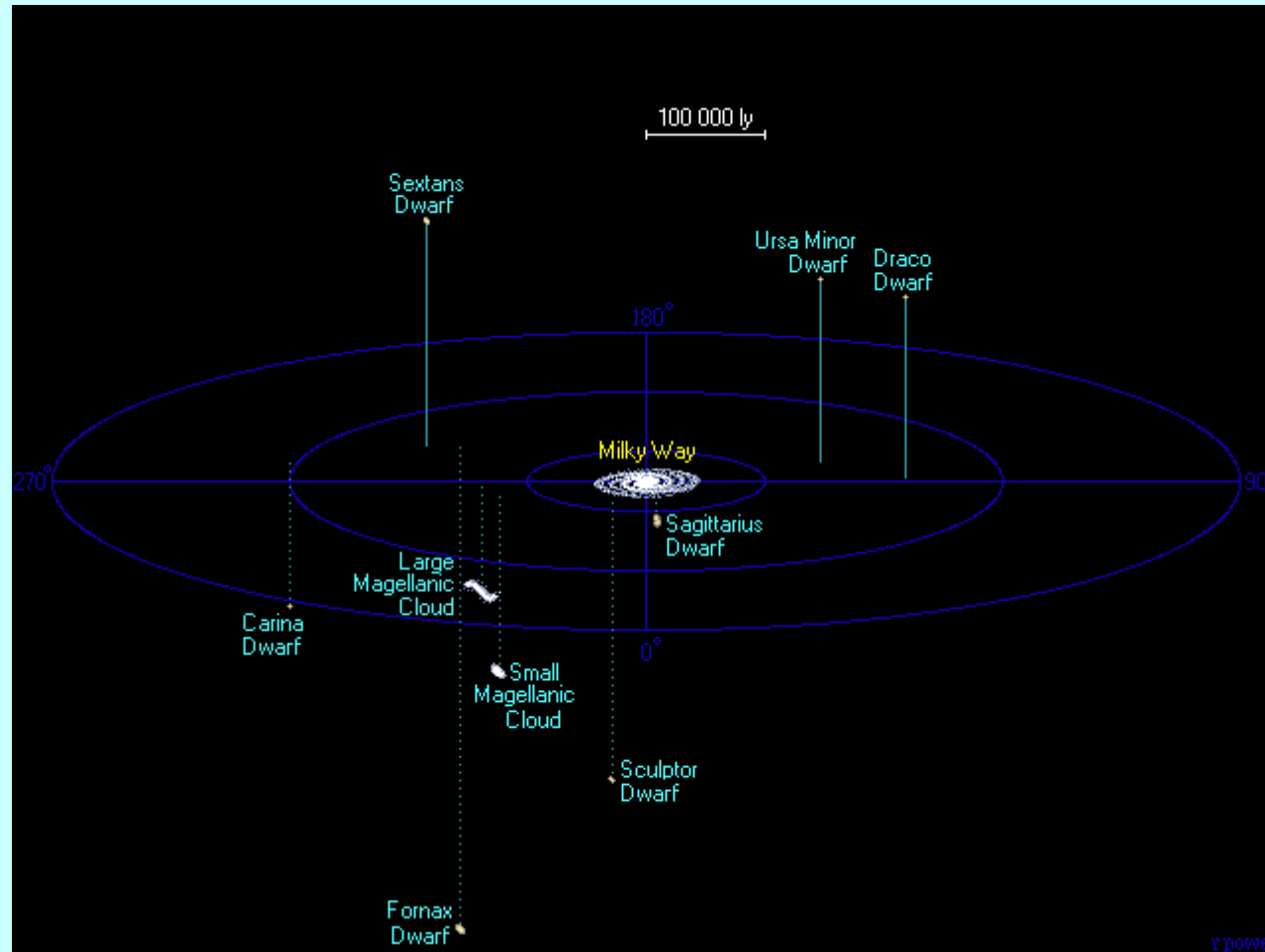
NGC 4622
HST • WFPC2

Hubble
Heritage



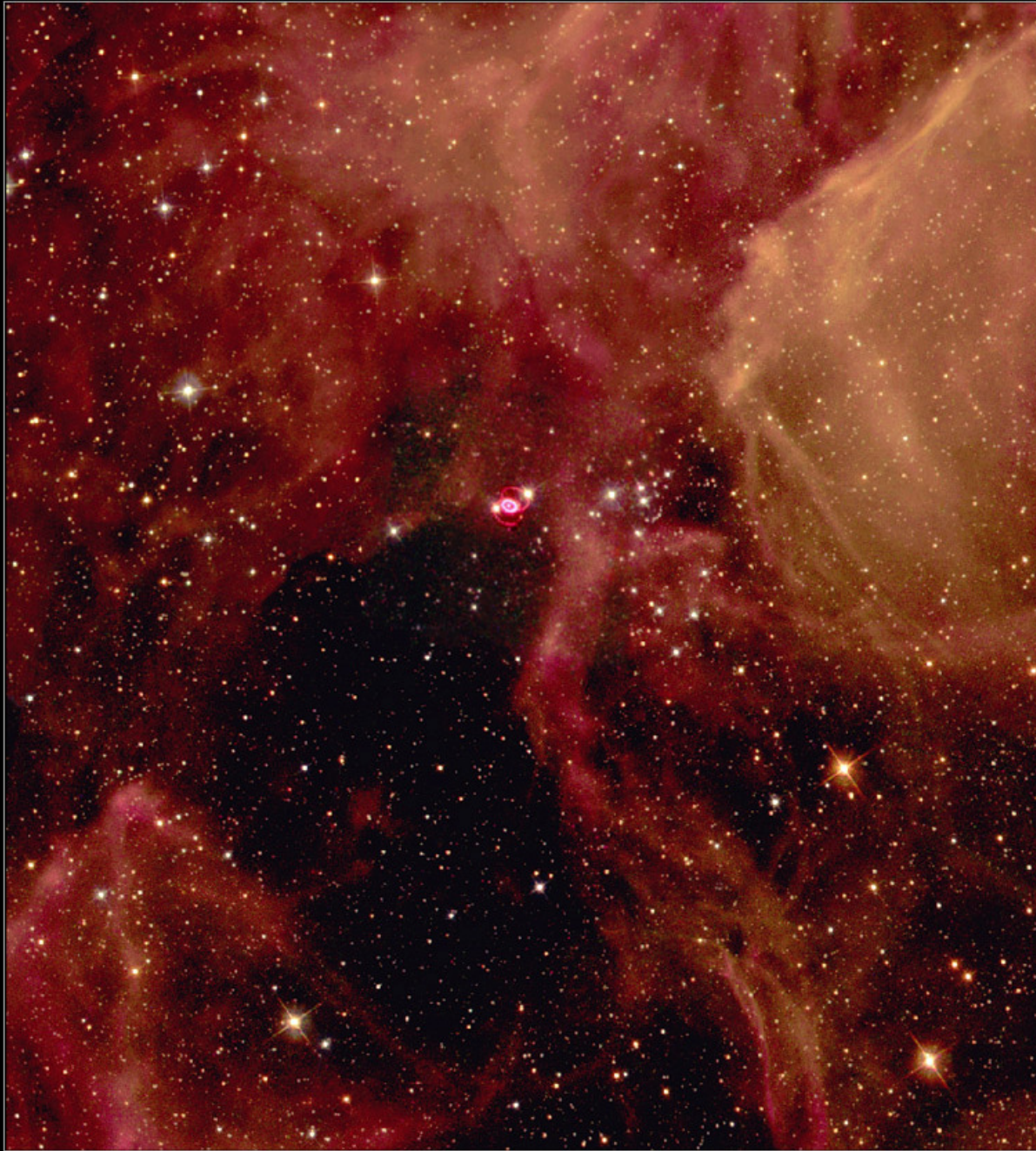
5000 parsecs
20,000 light-years

A nossa dinâmica vizinhança



Com vários satélites, alguns deles descobertos após 1980

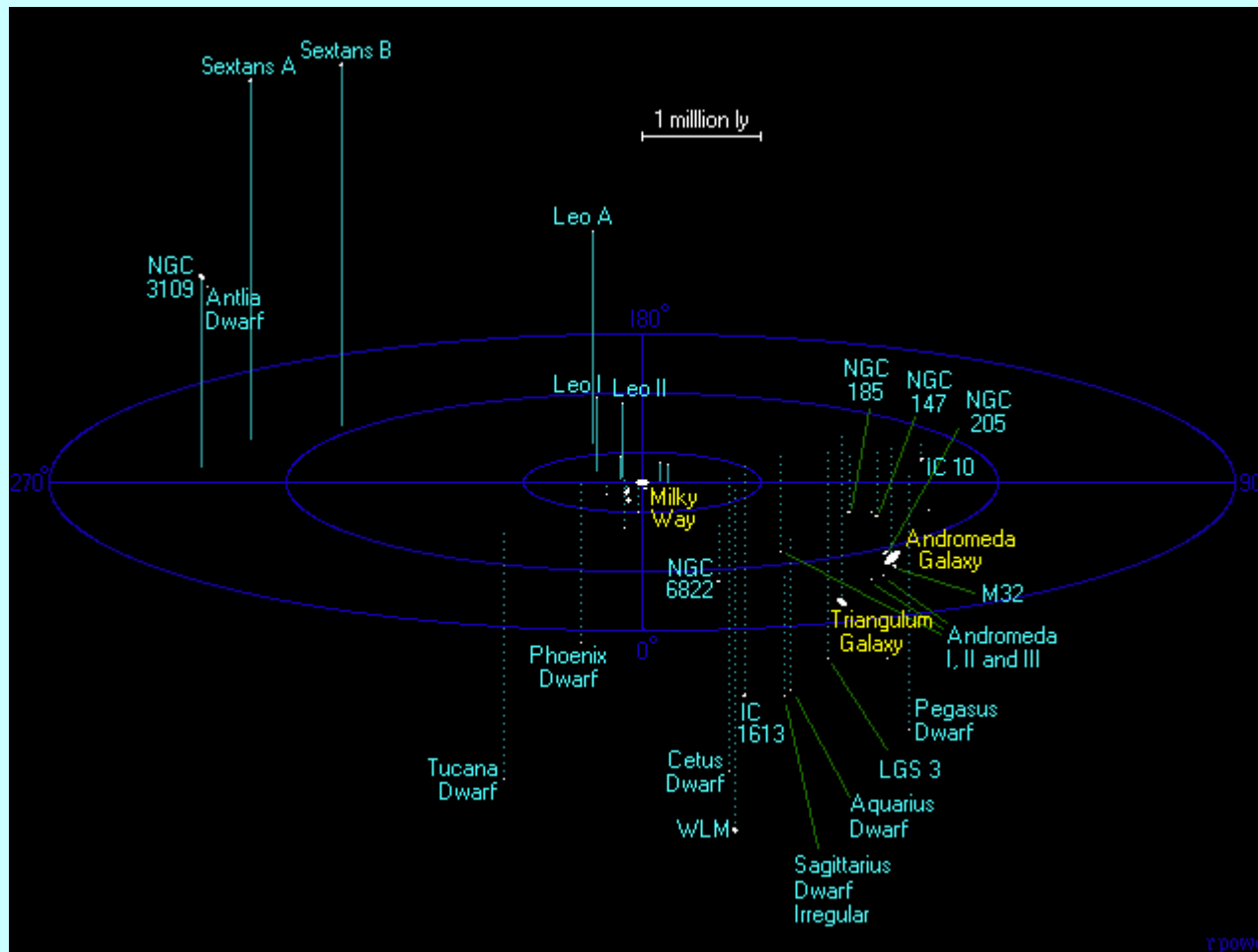
Supernova 1987A



Grande Nuvem
de Magalhães

Hubble
Heritage

Grupo Local



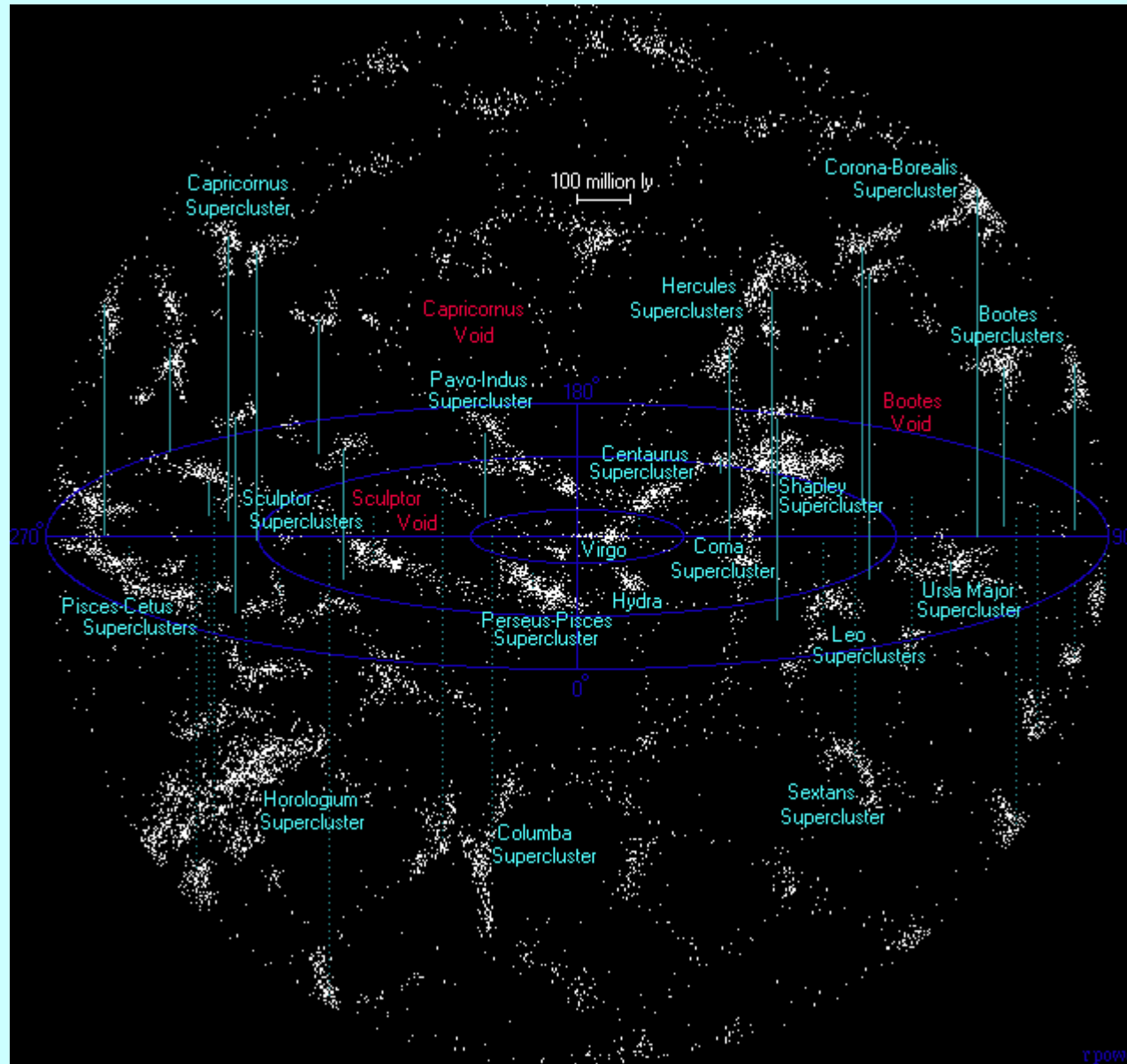
1 Mpc diâmetro

Via Láctea, M31,
>30 galáxias anãs
, satélites das
duas maiores.

* GNM (10kpc,
0.05 Mgal)

* PNM (0.1
M(GNM))

A cidade cósmica





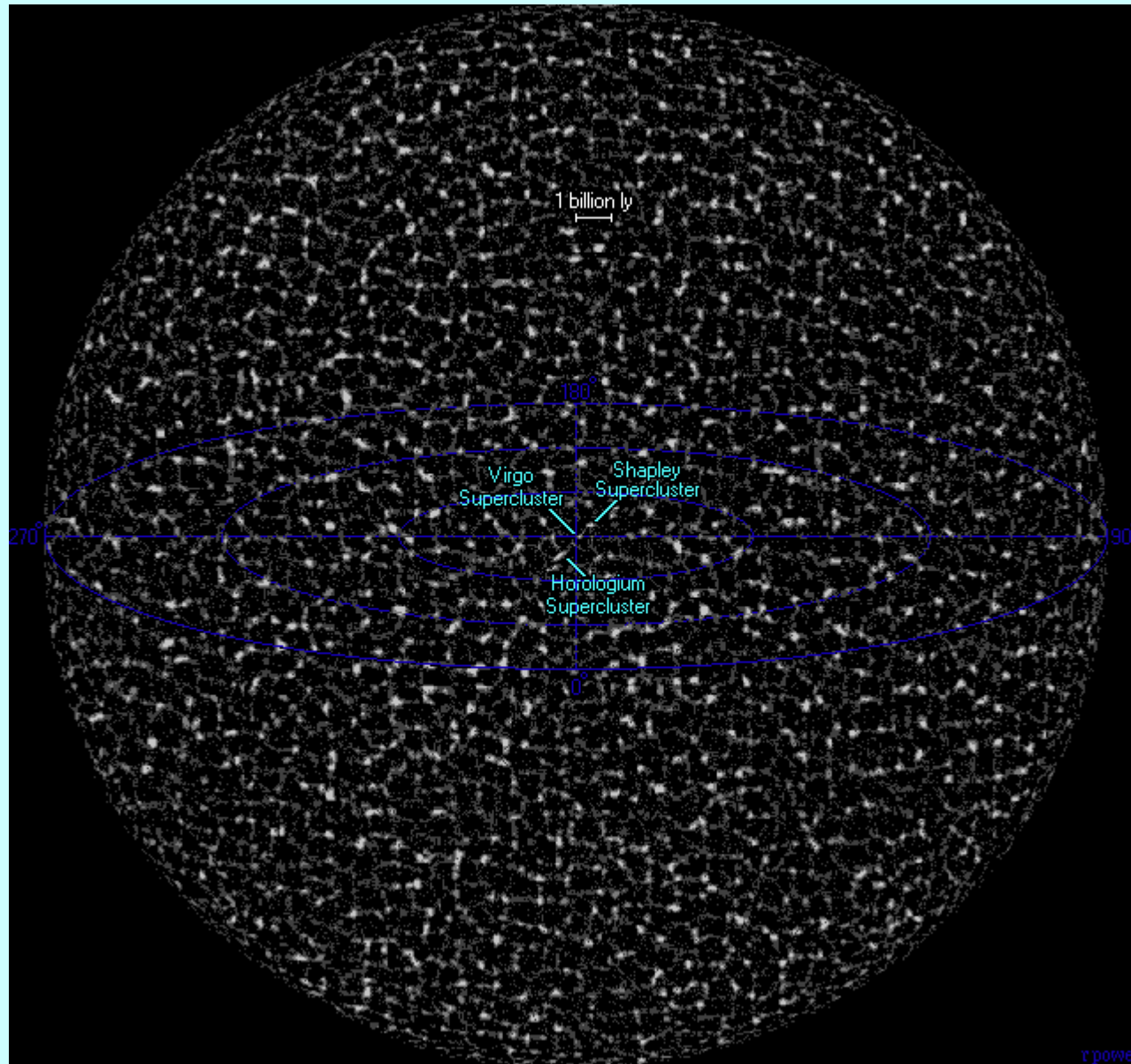
Irregular Blue Galaxies

HST • WFPC2

PRC95-08b • ST ScI OPO • July 24, 1995

R. Windhorst (AZ State Univ.), NASA

O Universo em larga Escala





© Anglo-Australian Observatory