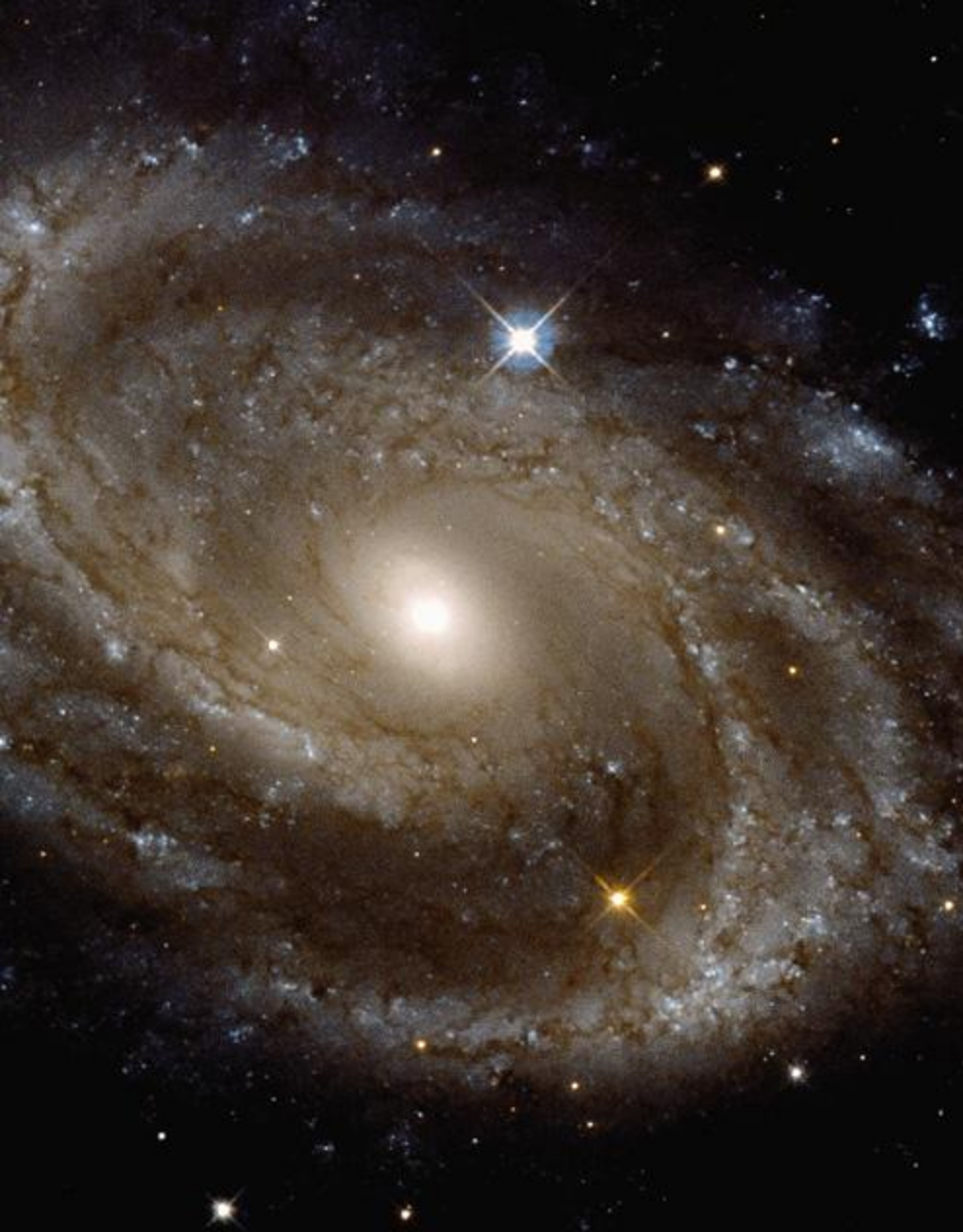


A Via Láctea e Galáxias no Universo

Profa. Thais Idiart



Definição:

Uma galáxia é um conjunto de matéria estelar e interestelar:

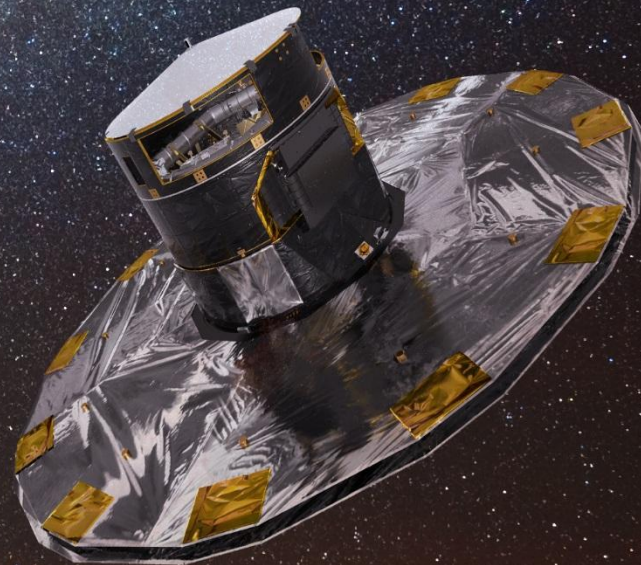
- estrelas, gás, poeira, estrelas de nêutrons, buracos negros
- isolado no espaço e mantido junto pela sua própria gravidade.

As últimas estimativas indicam que o número total de galáxias no **universo observável** é estimado em cerca de **1-2 trilhões**

A nossa Galáxia é denominada **Via Láctea** ou simplesmente **Galáxia** com G maiúsculo.

A VIA-LÁCTEA

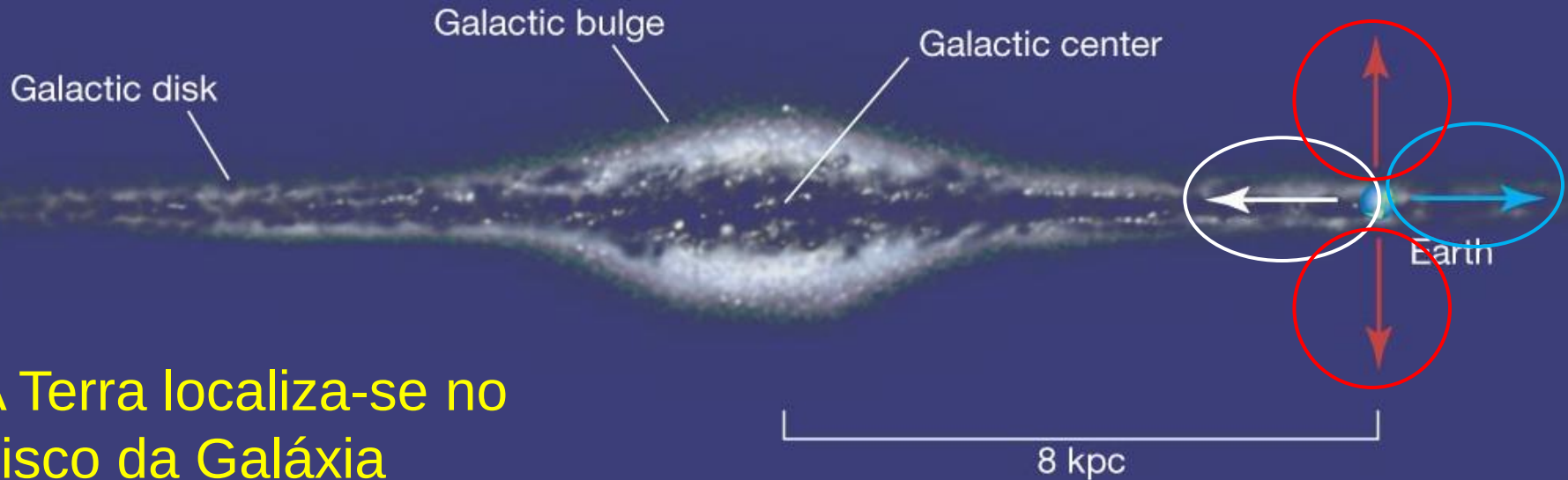
a nossa Galáxia





Um mosaico de imagens mostrando todo o disco da Via Láctea

Como a Galáxia é observada a olho nu da Terra



A Terra localiza-se no disco da Galáxia

Seta branca → grande número de estrelas contidas numa faixa de luz (VIA LÁCTEA)

Seta azul → faixa de luz mais tênue (direção oposta ao centro da Galáxia)

Setas vermelhas → poucas estrelas são vistas

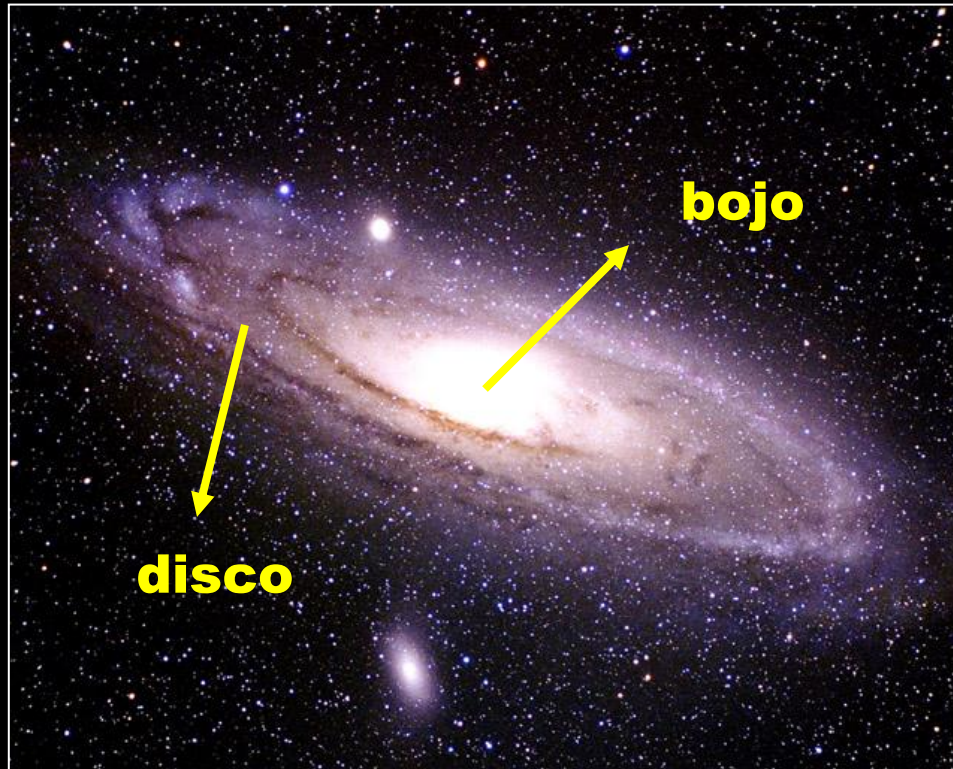
Relembrando:

1 ano-luz = $9,5 \times 10^{12}$ (trilhões) de km
1 pc = 3,26 anos-luz

Decifrando a forma da Galáxia

Comparação com outras
galáxias distantes

A
N
D
R
Ô
M
E
D
A



maior galáxia mais próxima à nossa Galáxia
770 kpc (~2,5 milhões de anos-luz)

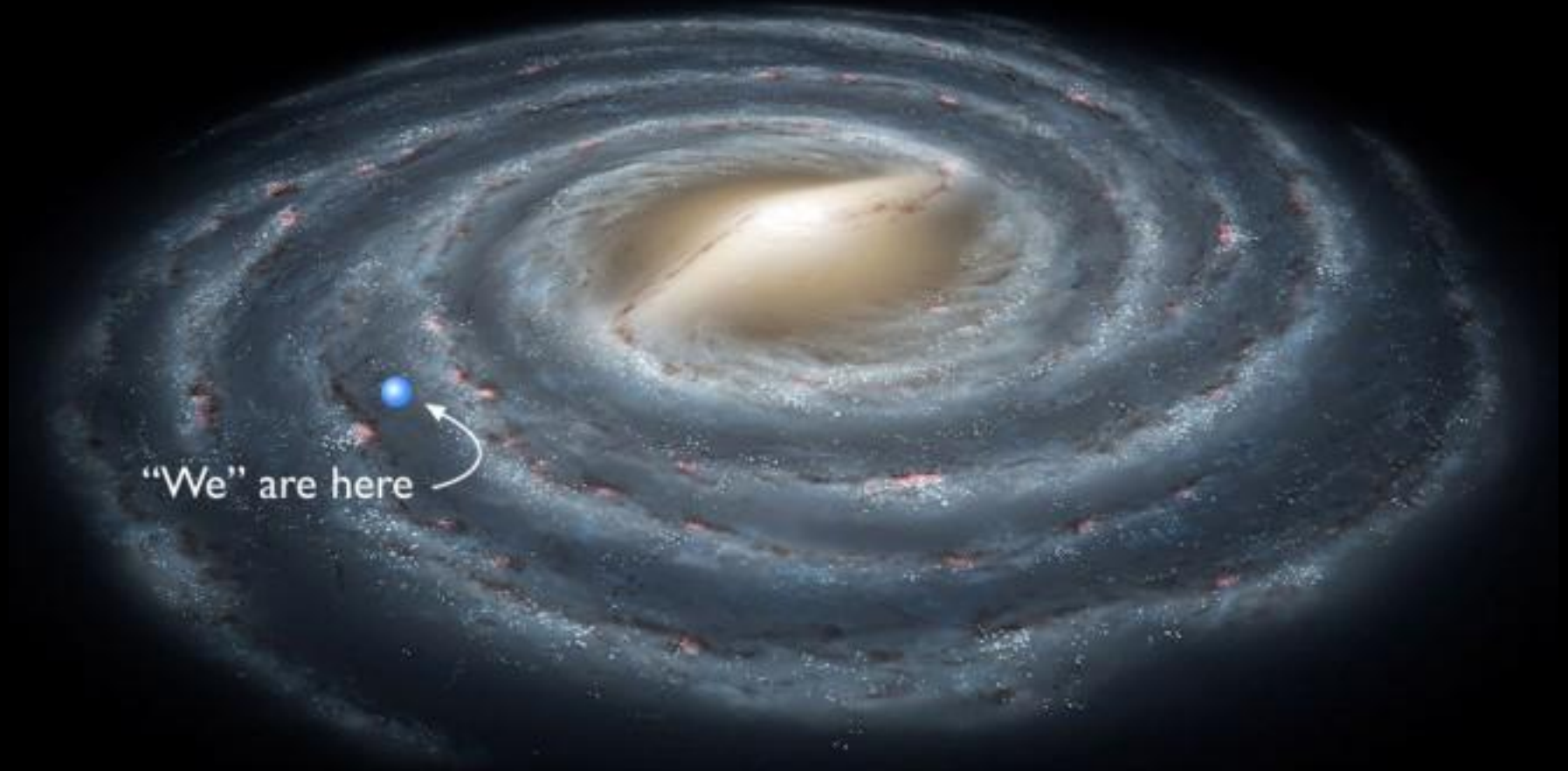


NGC 2997



NGC 4565

Localização do sistema solar na Galáxia



"We" are here

Visão artística da Via Láctea como seria vista de fora, baseada nas posições das estrelas e das nuvens de poeira e gás existentes no disco: observa-se uma SUBESTRUTURA ESPIRAL !

A forma e o tamanho da Galáxia

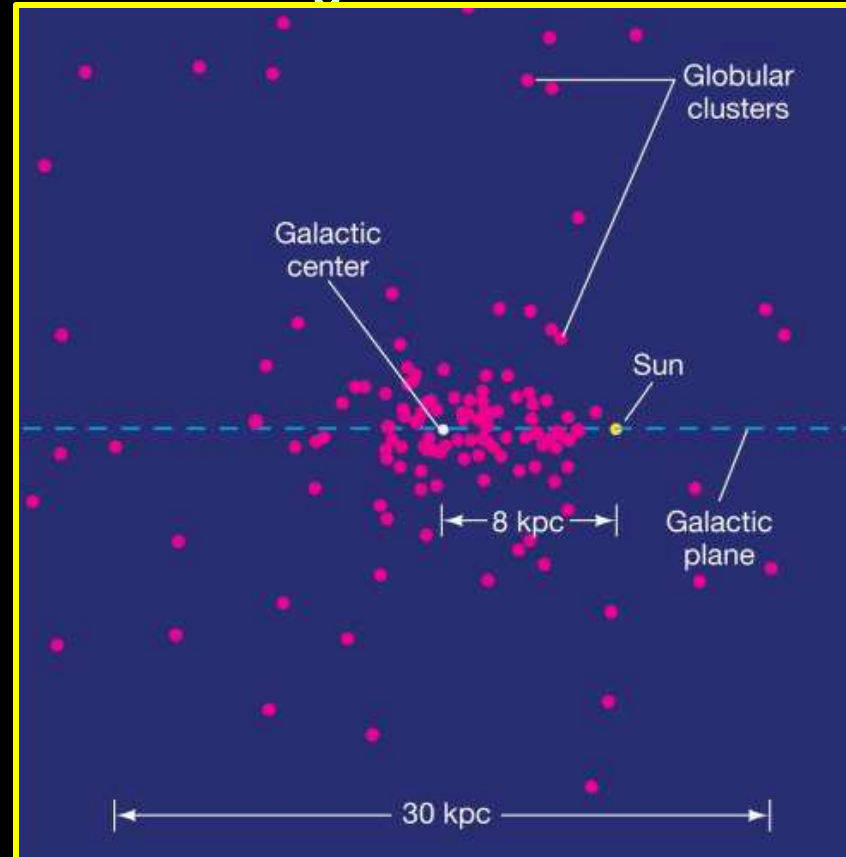
Harlow Shapley (começo do século XX) observando **ESTRELAS VARIÁVEIS (INDICADORES DE DISTÂNCIA)** em aglomerados globulares fez duas importantes descobertas:

1. A maior parte dos aglomerados globulares está a grande distância do nosso sistema solar (centenas de pc)
2. Os aglomerados globulares ocupam um volume grande e ~ esférico que abrangem toda a Galáxia (diâmetro de ~ 30 Kpc).

A DISTRIBUIÇÃO DOS AGLOMERADOS GLOBULARES ABRANGEM A MÁXIMA EXTENSÃO DA GALÁXIA

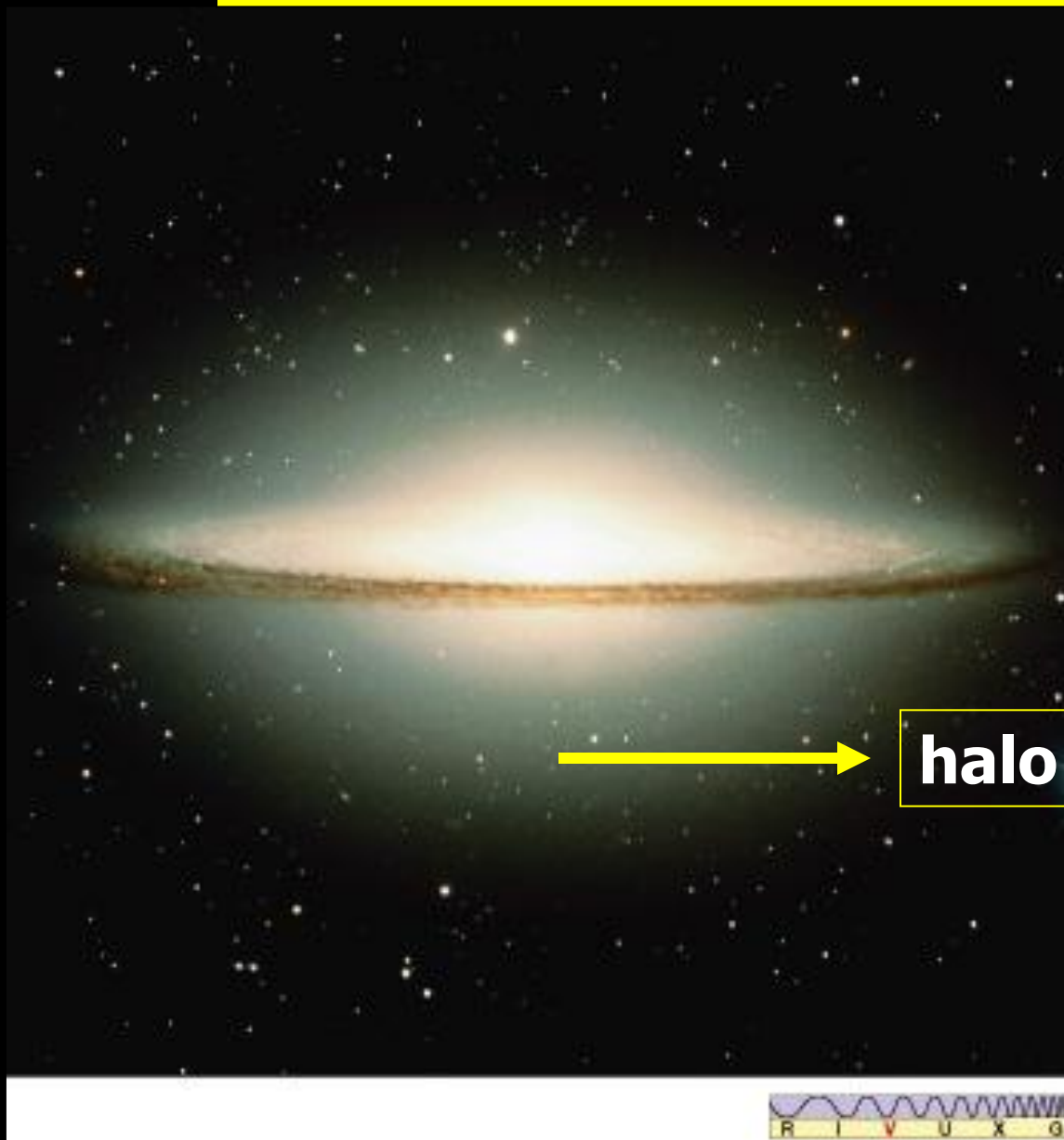


HALO DA GALÁXIA



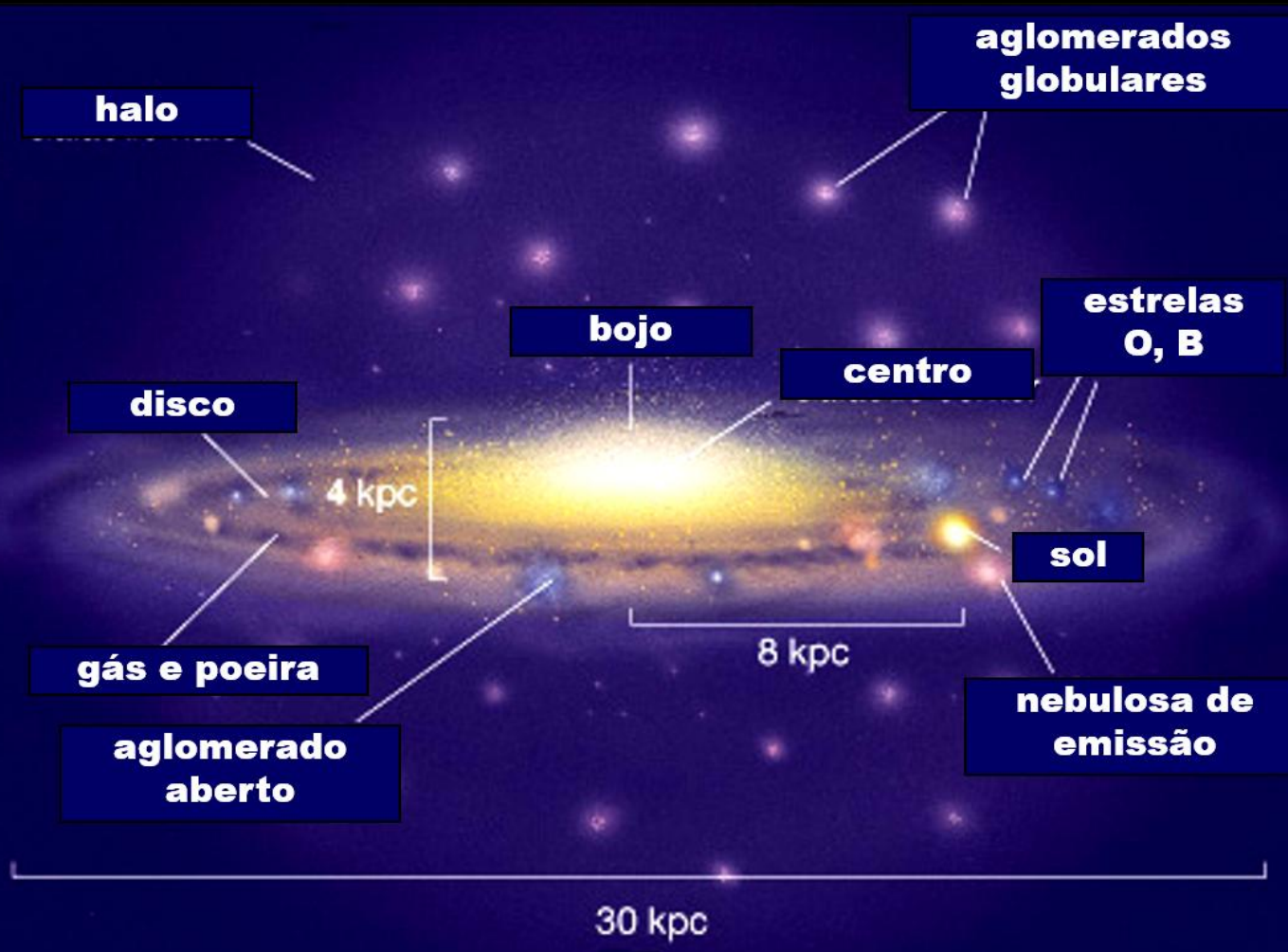
30 kpc ~ 100 mil anos-luz

M104 – Galáxia sombreiro



ESTRUTURA EM GRANDE ESCALA DA GALÁXIA

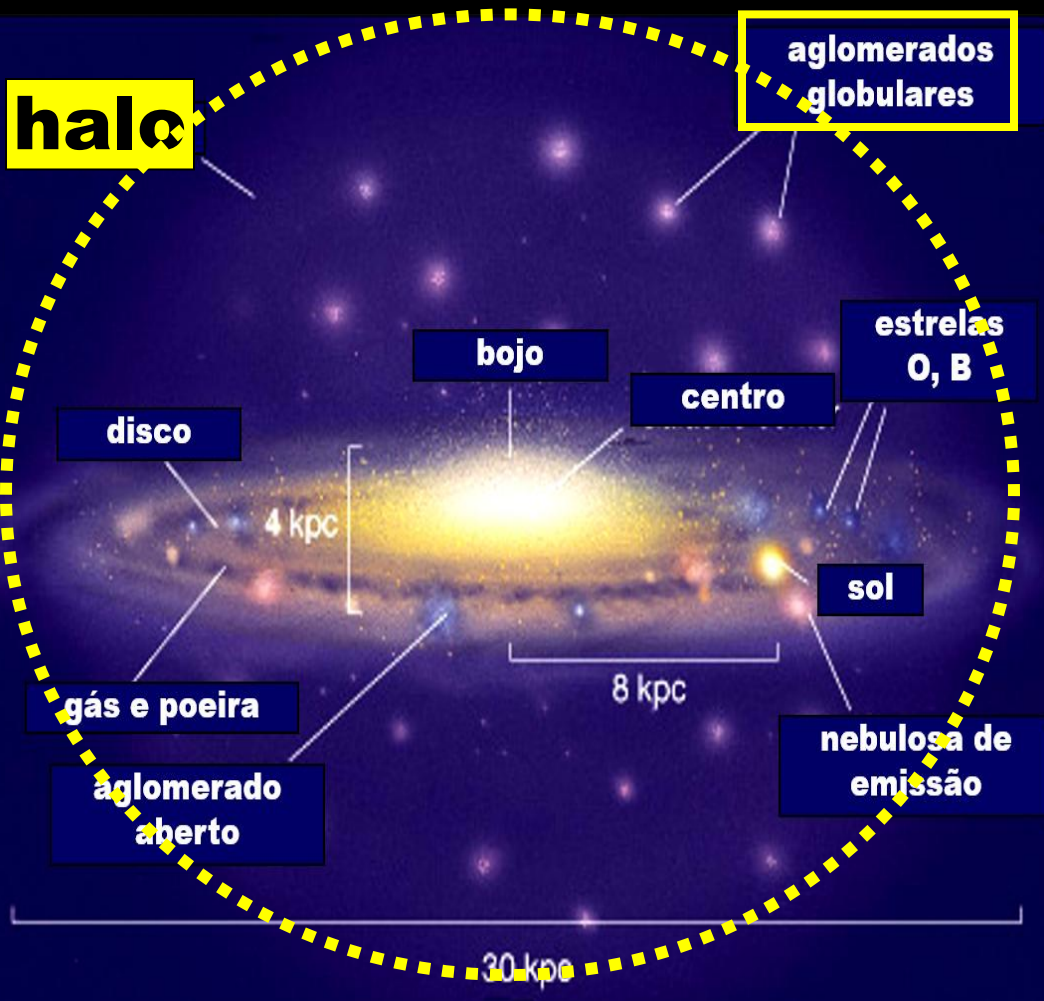
Baseado em observações no óptico, infravermelho e rádio de estrelas, gás e poeira.



componentes:

- Halo
- Disco
- bojo

HALO



PROPRIEDADES

- Formado por estrelas velhas isoladas ou pertencentes a aglomerados globulares
- não contém nuvens densas de gás ou poeira (atualmente não há formação de estrelas)

Primeira estrutura a ser formada na Galáxia.

DISCO

PROPRIEDADES

- Formado por estrelas velhas (menor proporção) e jovens. As estrelas jovens podem estar isoladas ou em aglomerados abertos.

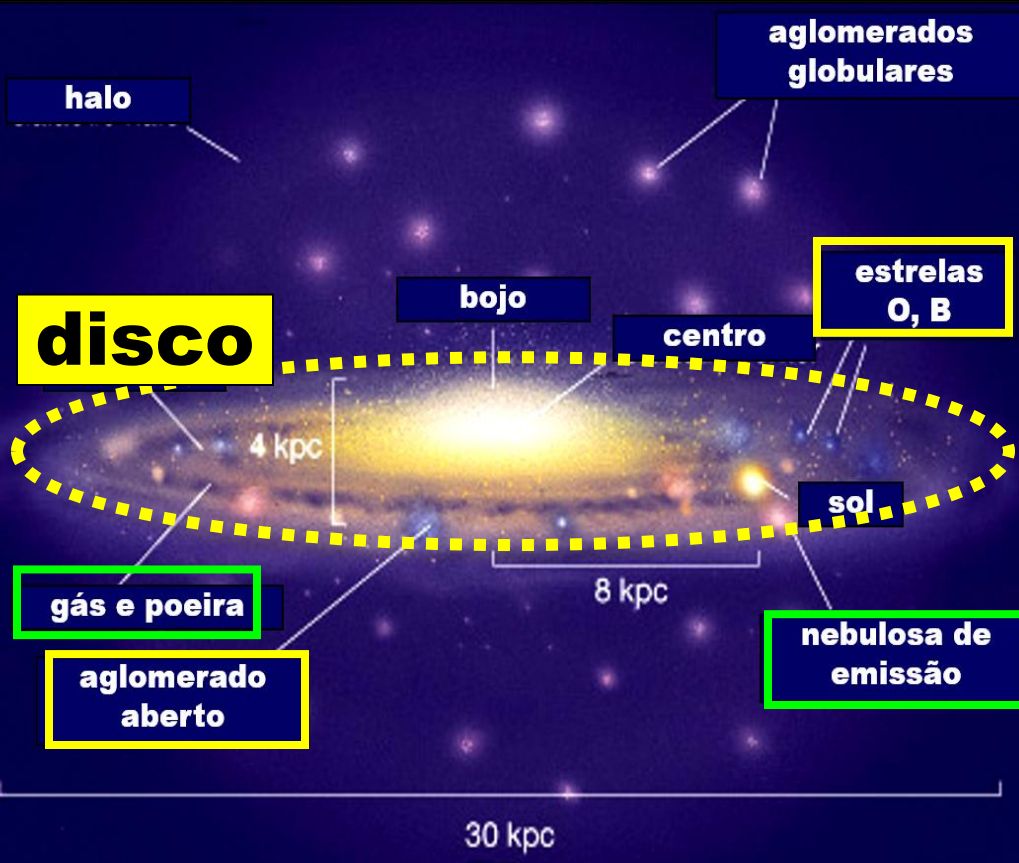
Disco formado após o Halo

- **Contém nuvens densas de gás e poeira e nuvens brilhantes**



regiões de formação estelar recente

Contém braços de espirais (subestrutura)

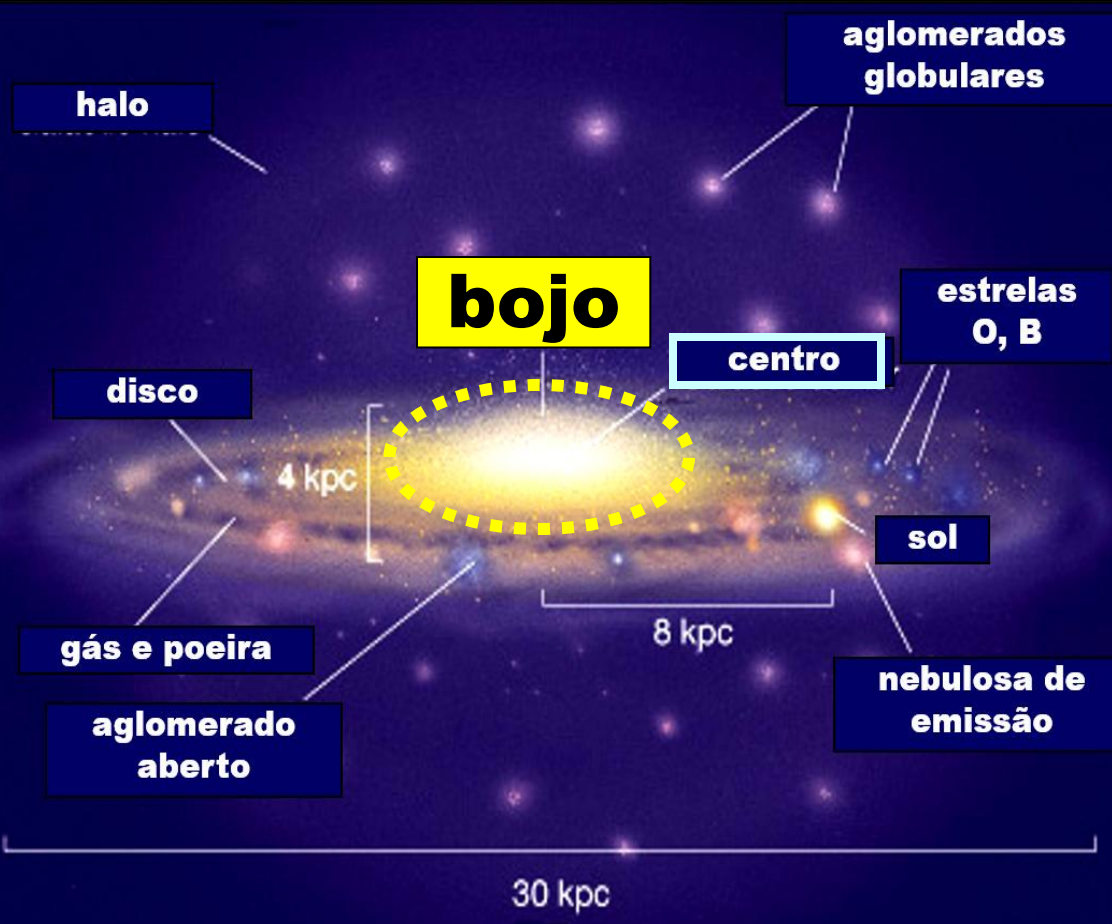


BOJO

PROPRIEDADES

- Formado por estrelas velhas e jovens (menor proporção).
- Contém nuvens densas de gás e poeira na região mais interna.
- Contém barra

Centro da Galáxia:
buraco negro
massivo central



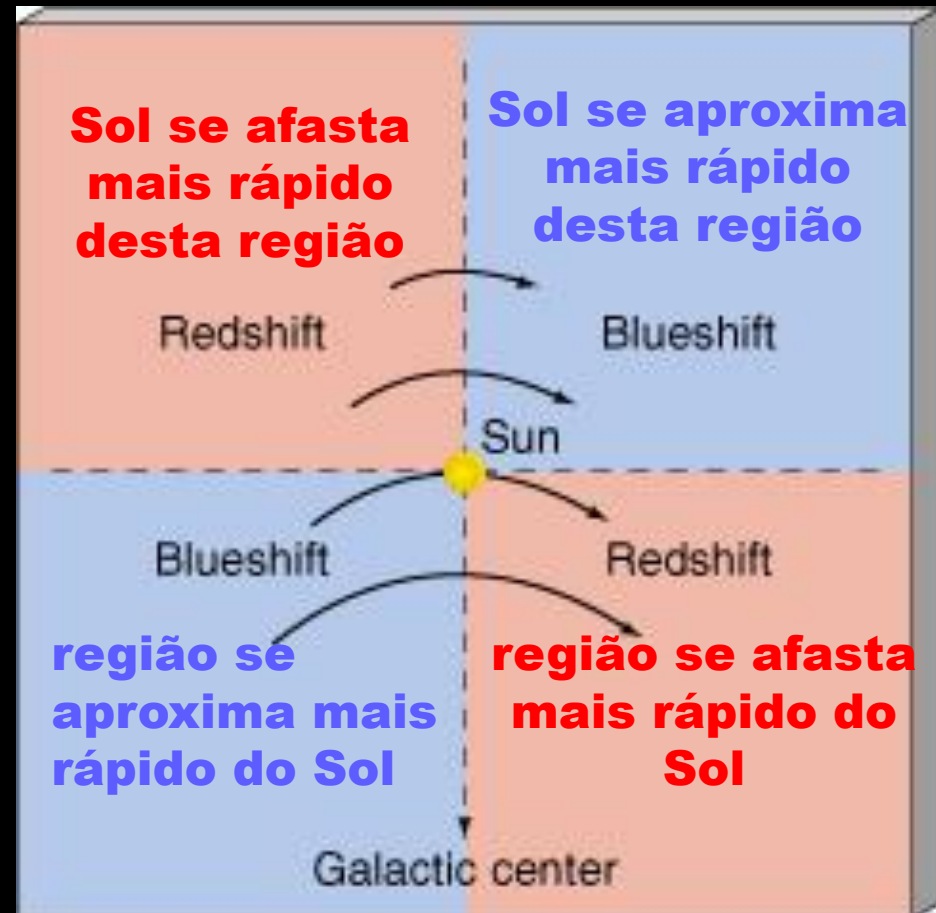
A DINÂMICA DA NOSSA GALÁXIA

Movimento das estrelas, gás e poeira

**Estrelas e gás
apresentam movimentos
Doppler sistemáticos em
qualquer direção**

***Redshift* = afastamento
Blueshift = aproximação**

**Disco da Galáxia
está se movendo de
maneira ordenada**



Conclusão: o disco está rotando ao redor do centro da Galáxia

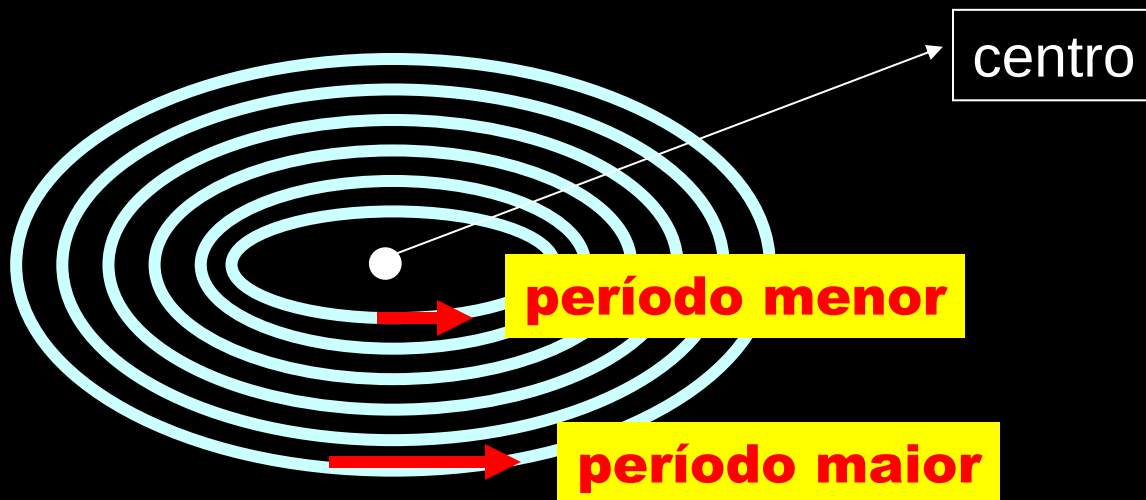
Na vizinhança do Sol a velocidade orbital é de 220 km/s e estamos a 8 kpc do centro.

Supondo uma órbita $\approx$ circular:

$$P = \frac{2\pi r}{v}$$

O material leva $\sim$ 225 milhões de anos para dar 1 volta completa em torno do centro da Galáxia $\Rightarrow$ 1 ANO GALÁCTICO

Em outras distâncias em relação ao centro o período orbital é diferente!



**Disco rota diferencialmente!
(não rota como um corpo sólido)**

Somente o disco possui movimento orbital ordenado.

HALO:

- **componente aleatória**
>> componente ordenada
- **alta excentricidade**

BOJO:

- **Componente aleatória menor do que a do halo**

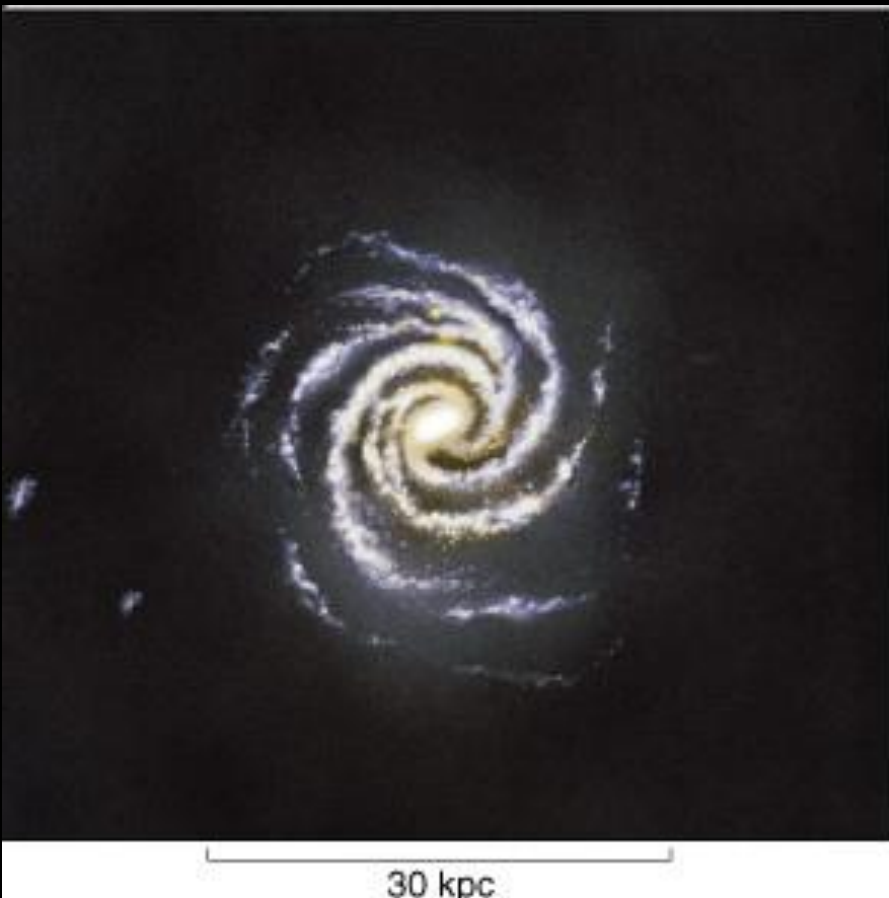
Mas >> componente ordenada



OS BRAÇOS DE ESPIRAIS

A descoberta dos braços de espirais da nossa Galáxia foi feita principalmente pelo mapeamento da distribuição do seu gás através da radioastronomia

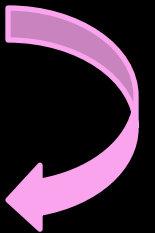
MAPAS DE RÁDIO DA NOSSA GALÁXIA



Diâmetro do disco ~ 30 Kpc

**Espessura ~ 300 pc (estrelas)
~ 140 pc (gás)**

VIZINHANÇA SOLAR

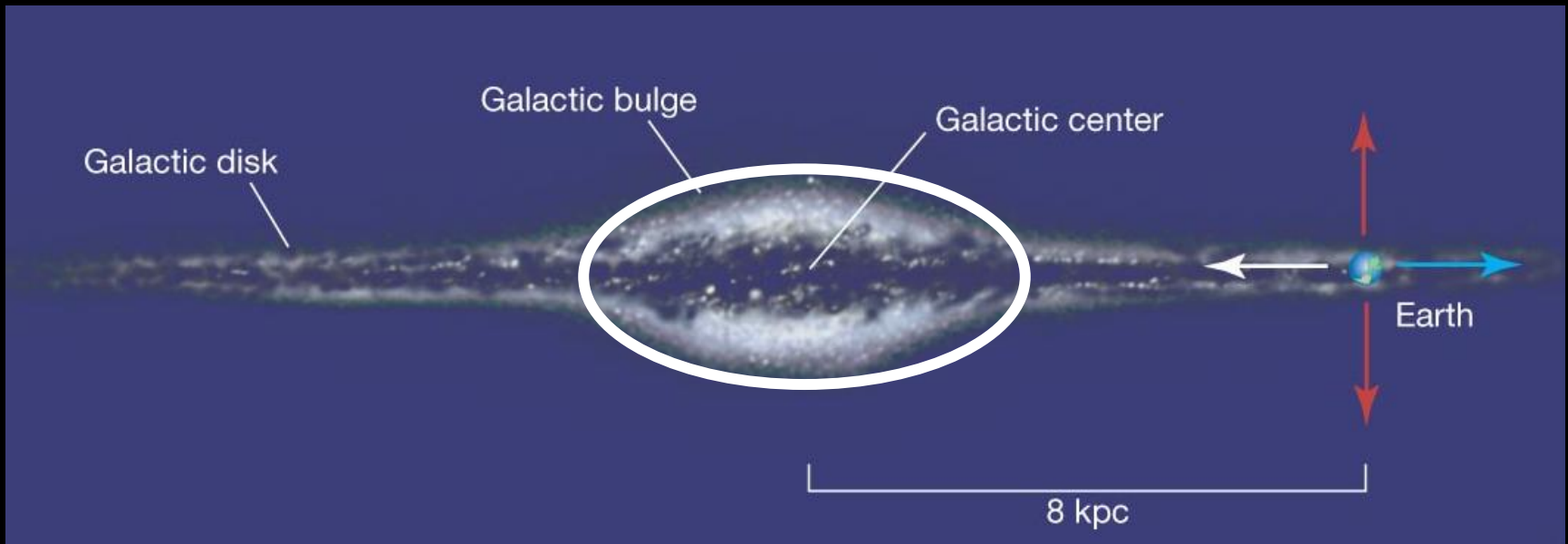


O CENTRO DA NOSSA GALÁXIA

Bojos são densamente populados de estrelas : cerca de bilhões de estrelas)

O bojo da nossa Galáxia é difícil de se observar no visível : entre o nosso campo de visão e o centro da galáxia existe o meio interestelar do disco $\Rightarrow$ obscurece a luz visível vinda das estrelas do bojo.

SOLUÇÃO: OBSERVAÇÕES NO IR E RÁDIO



Com observações no infravermelho e rádio pode-se observar regiões mais profundas no bojo.

**Imagem no IR da direção
do centro da Galáxia
(direção da constelação
de Sagitário)**

QUADRADO BRANCO

**Estas observações indicam
uma densidade de ~ 50.000
estrelas por parsec³ na
região do quadrado branco**

**milhões de vezes maior
do que a densidade de
estrelas na vizinhança
solar.**

**boa probabilidade de haver
“encontros de estrelas” ou
mesmo colisões!**

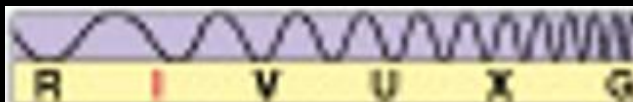
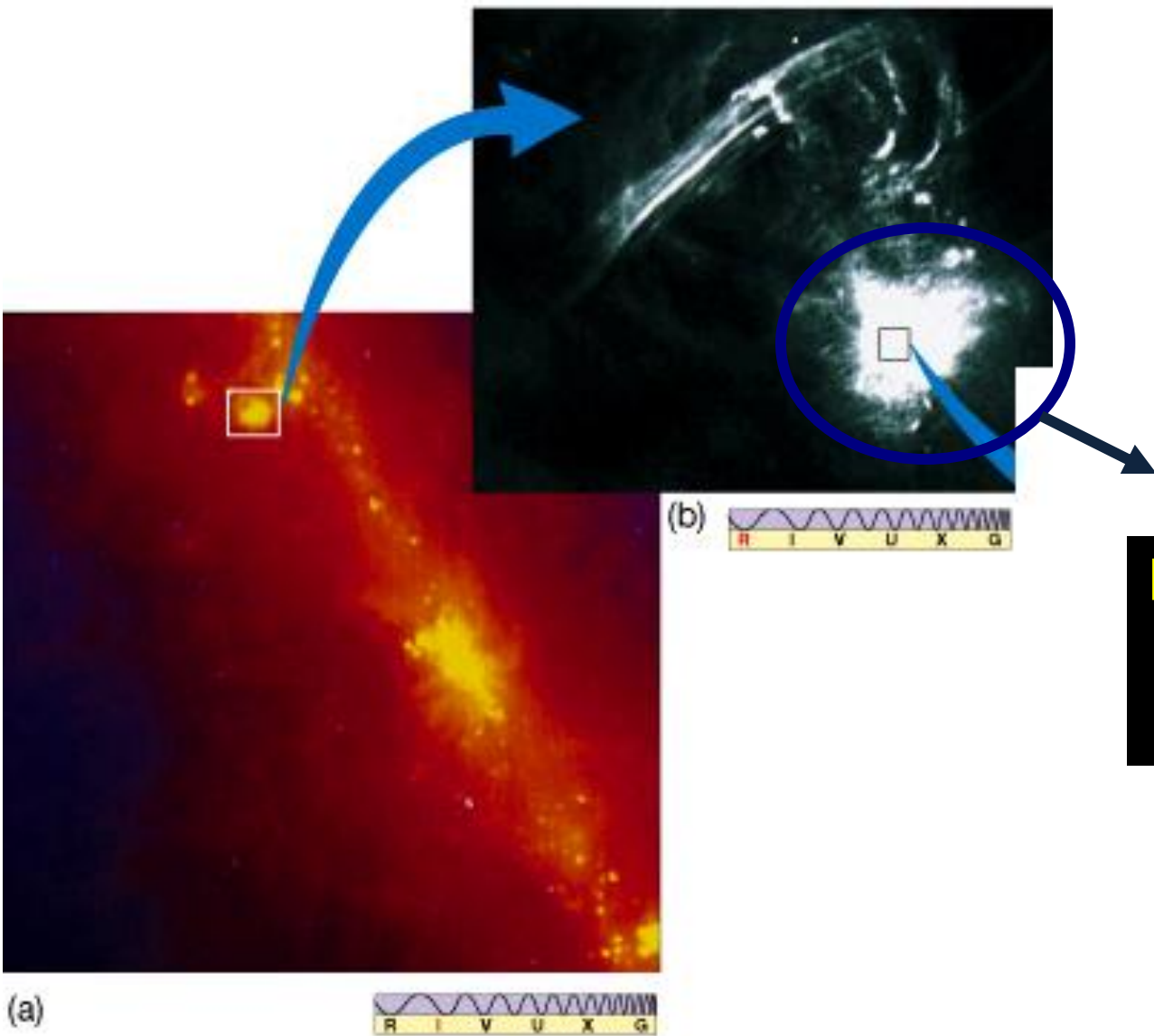
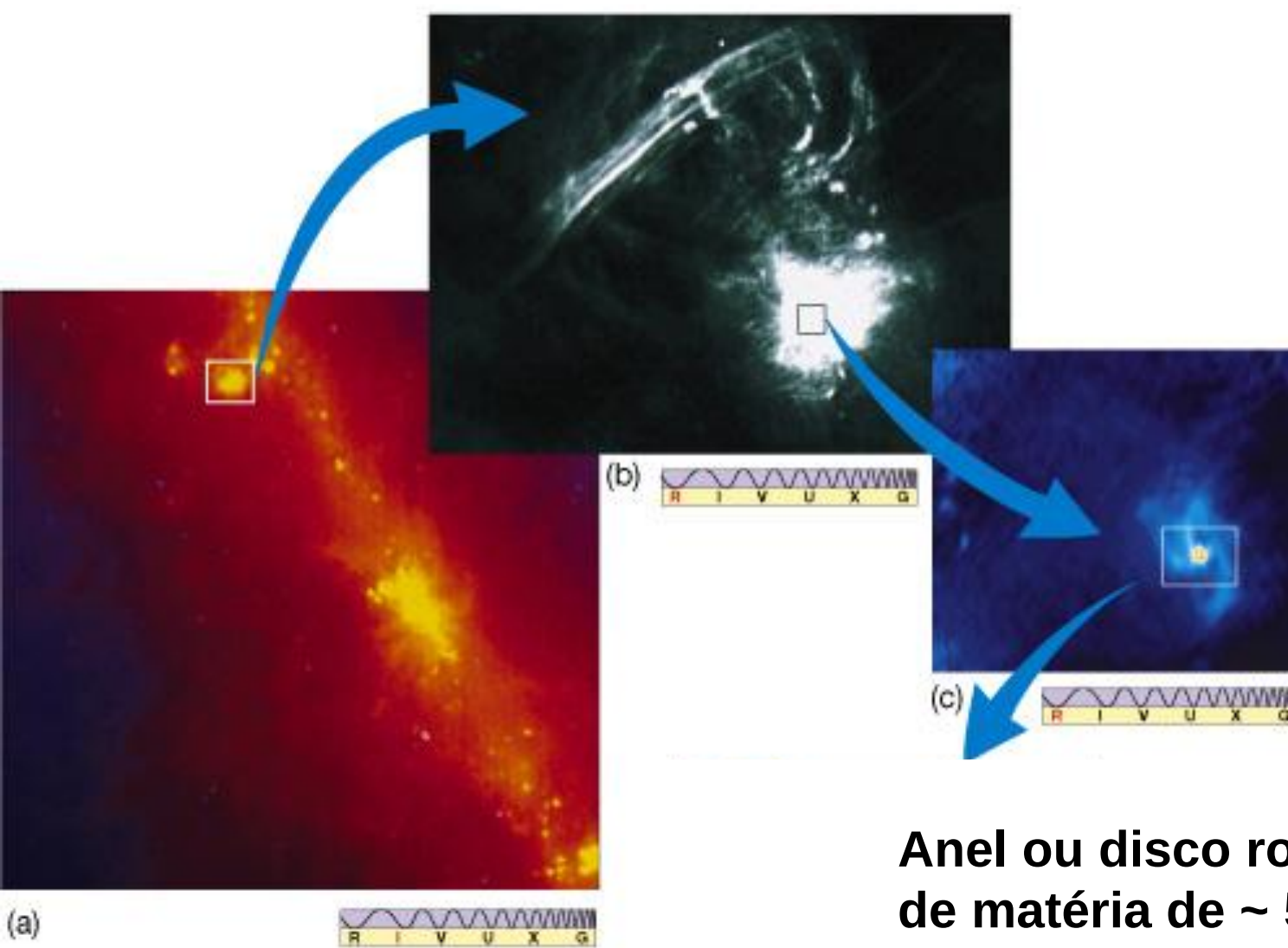


Imagem em rádio mostra zonas ainda mais profundas na direção central da Galáxia: **anel de gás molecular** de ~ 400 pc de diâmetro que contém cerca de $30.000 M_{\odot}$ de material e que rota com velocidade de 100 km/s.



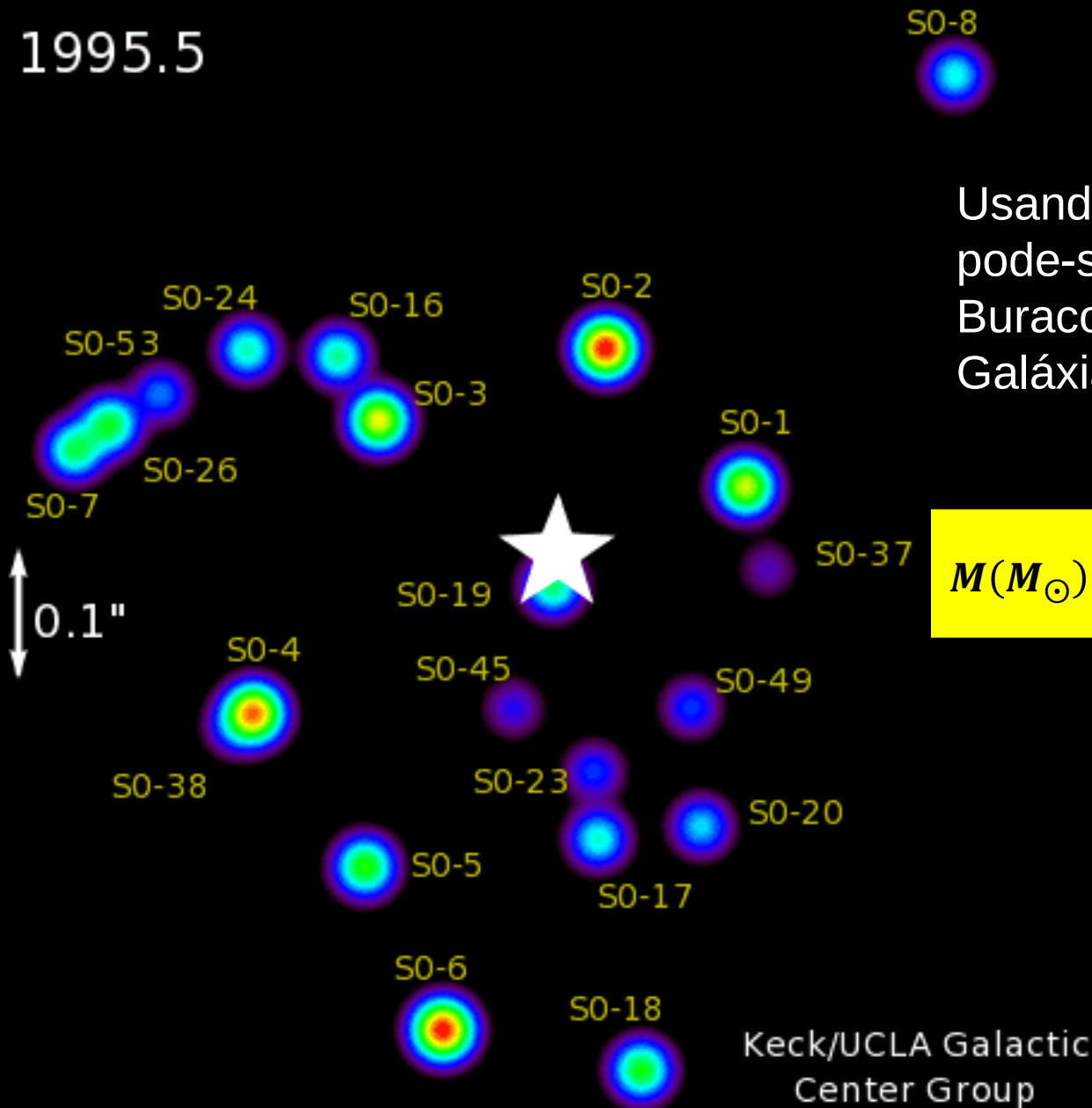
**Fonte brilhante
=
Sagitário A**



**Anel ou disco rotante
de matéria de ~ 5 pc
 $\Rightarrow$ Sgr A*.**

Medidas em alta resolução das órbita de estrelas próximas a Sgr A*

1995.5



Usando a 3ª lei de Kepler
pode-se estimar a massa do
Buraco Negro central da
Galáxia (~ 3 milhões de $M_{\odot}$)

$$M(M_{\odot}) = \frac{\text{raio orbital}^3(\text{UA})}{\text{período orbital}^2(\text{anos})}$$

Keck/UCLA Galactic
Center Group

Outras galáxias

The image features a large, 3D yellow text "Outras galáxias" (Other galaxies) slanted diagonally across the frame. The background is a deep space scene with a prominent spiral galaxy in the center, characterized by a bright yellow-white core and swirling pinkish-purple dust and gas. The surrounding space is dark and filled with many small, distant stars of various colors.

Imagens de galáxias $\neq$ estrelas
imagens das galáxias são mais difusas



estrela

**Algumas são espirais como a
nossa Galáxia e Andrômeda,
outras não.**

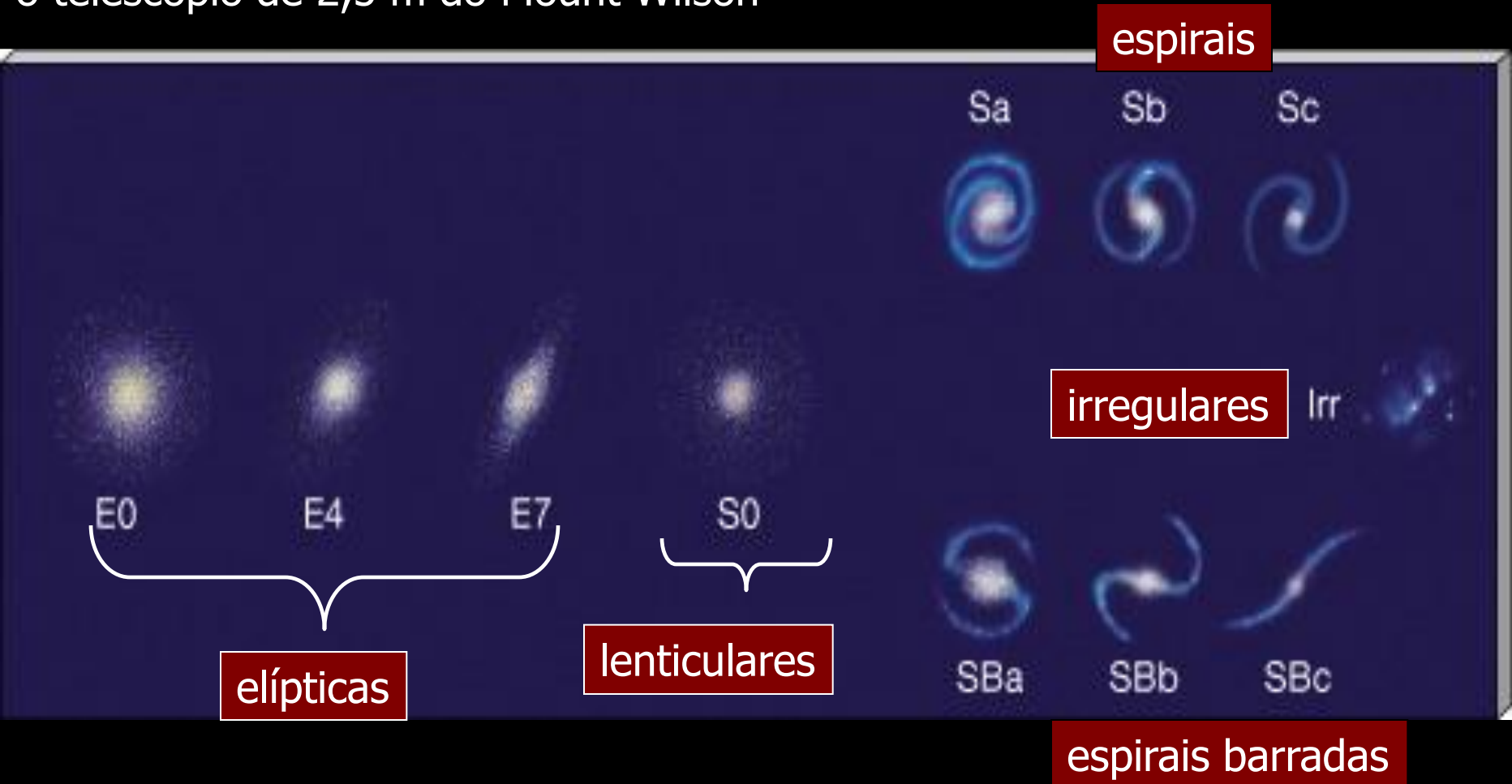


Aglomerado de galáxias de Coma ~ 1000 galáxias
Está a 100 milhões de parsecs
ou 326 milhões de anos-luz de distância da Terra

MORFOLOGIA: CLASSIFICAÇÃO DE HUBBLE

(classificação quanto à aparência)

Hubble fez esta classificação em 1924 usando o telescópio de 2,5 m do Mount Wilson

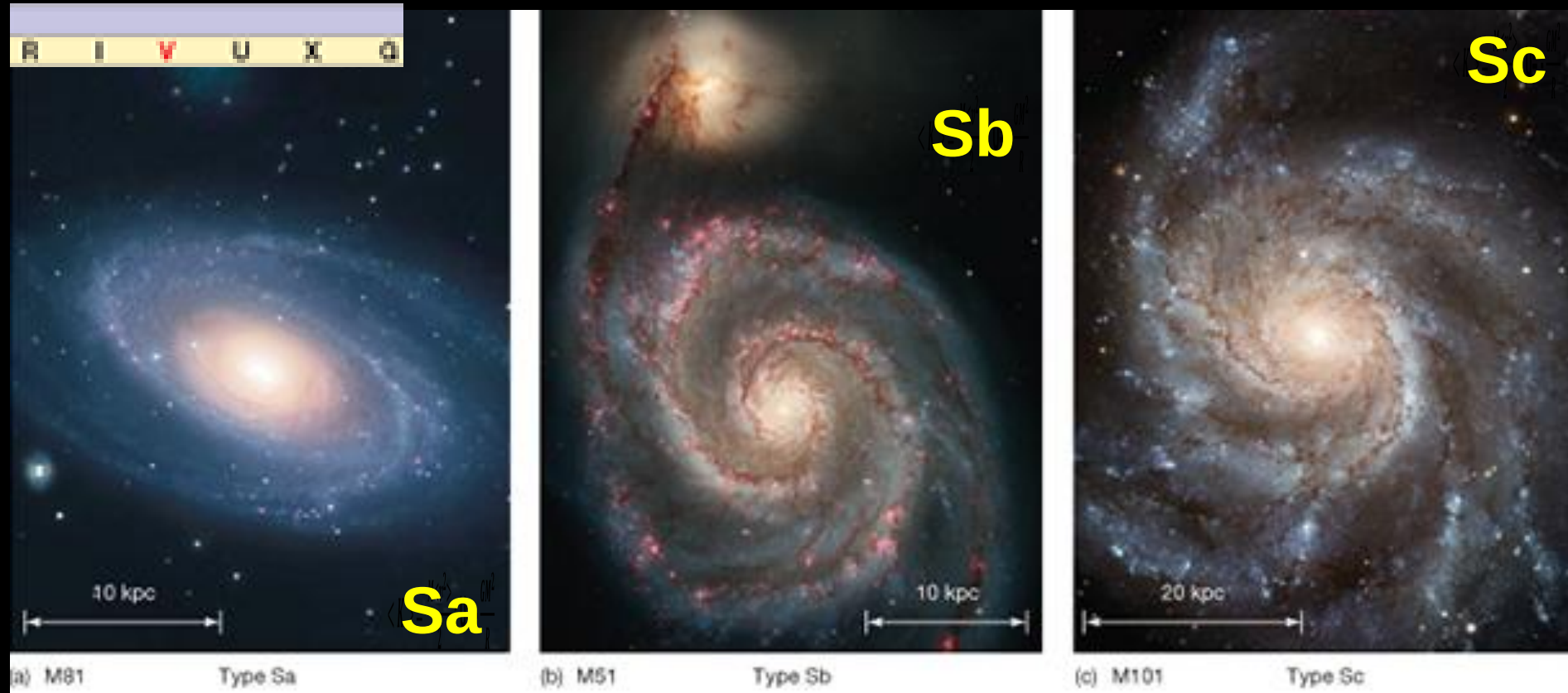


**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
DOS DIFERENTES TIPOS DE GALÁXIAS**

ESPIRAIS

- disco em rotação, braços de espirais e bojo
- densidade estelar maior concentrada no bojo
- halo extenso de estrelas velhas e de brilho fraco isoladas e em aglomerados globulares (envolve a galáxia)

Sa, Sb e Sc ⇒ **classificação de acordo com tamanho do bojo**





(a) M81 Type Sa



(b) M51 Type Sb



(c) M101 Type Sc

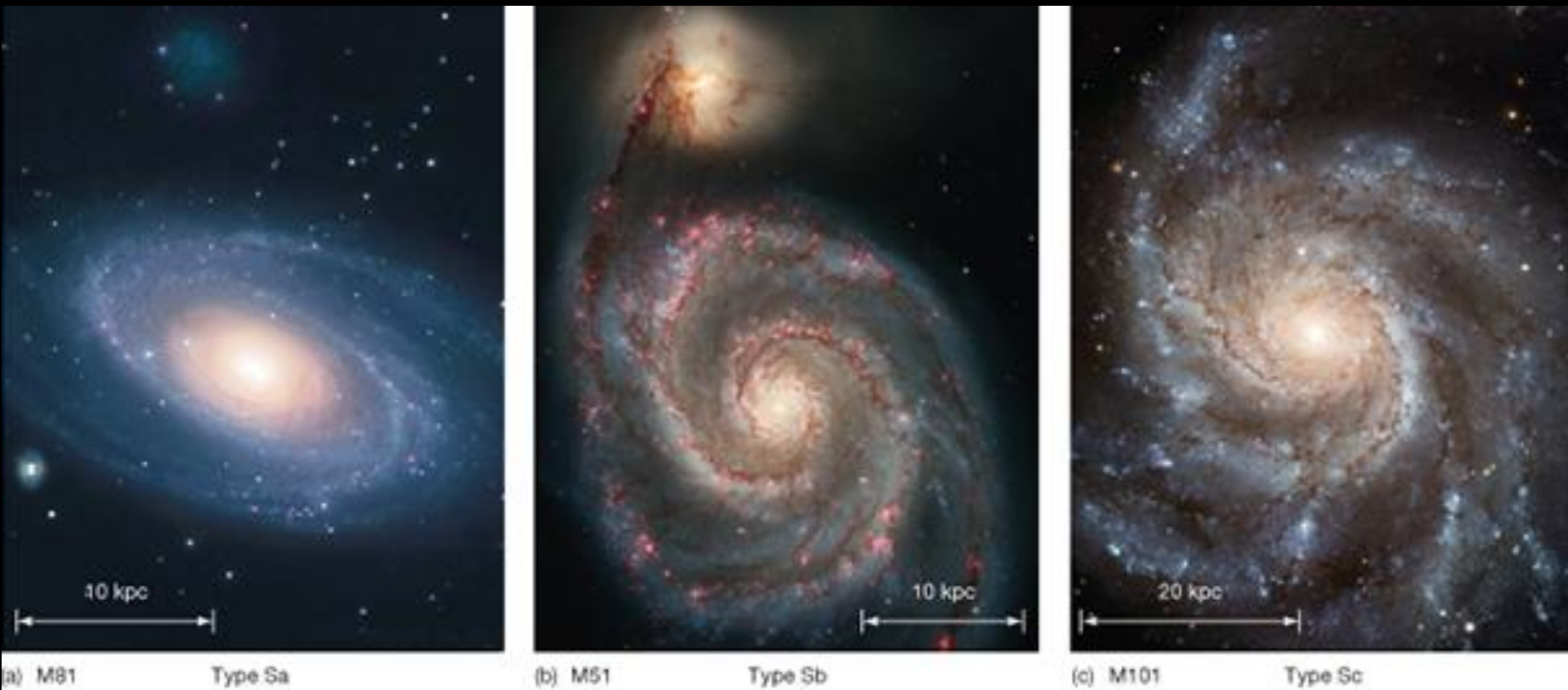
correlação bojo – braços de espirais

Galáxias Sa (bojos maiores)

espirais quase circulares e pouco delimitadas

Galáxias Sc (bojos menores)

**espirais mais espalhadas e mais definidas.
presença maior de “nós”
de matéria(estrelas + gás).**



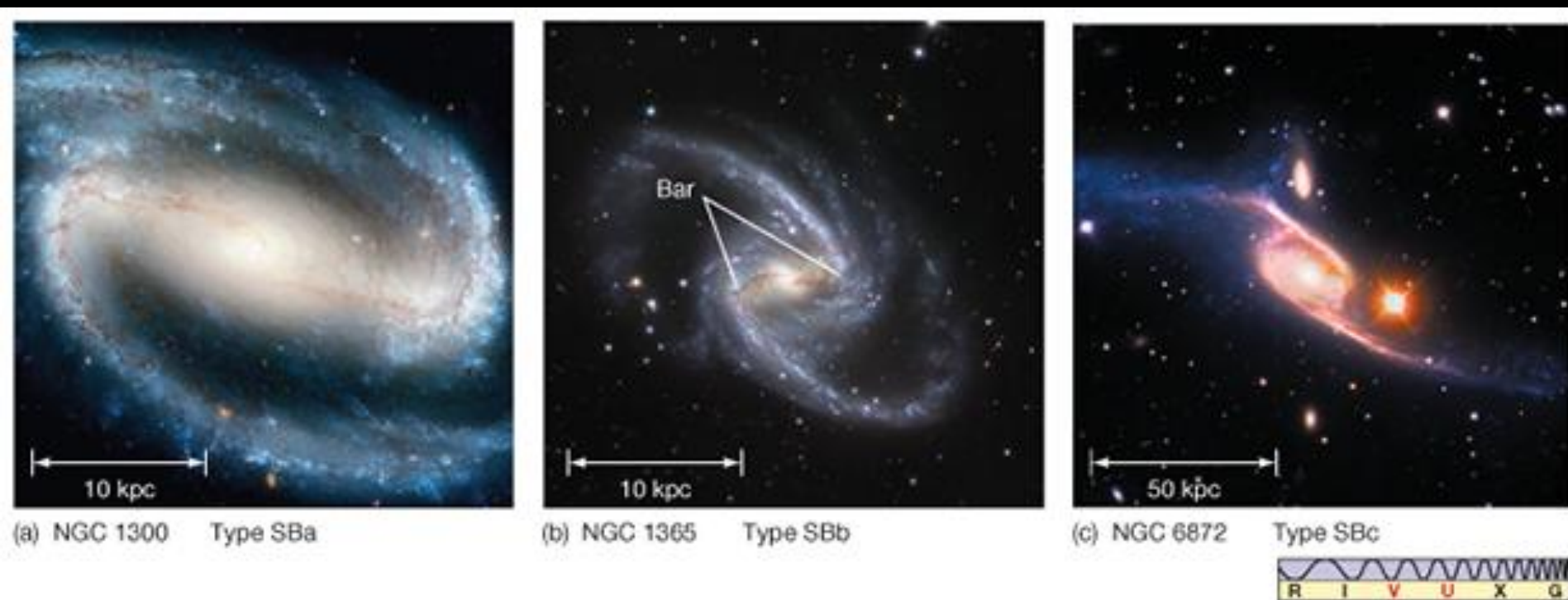
- braços de espirais $\Rightarrow$ **estrelas O e B (coloração azulada)**
- discos ricos em gás e poeira
- braços de espirais contém sítios de formação estelar recente e nuvens de gás e poeira mais densos

Tipo Sc contém mais gás e poeira, Sa contém menos

ESPIRAIS BARRADAS

galáxias espirais com a presença de uma barra alongada de gás e estrelas no bojo

SBa, SBb e SBc $\Rightarrow$ classificação de acordo com tamanho do bojo



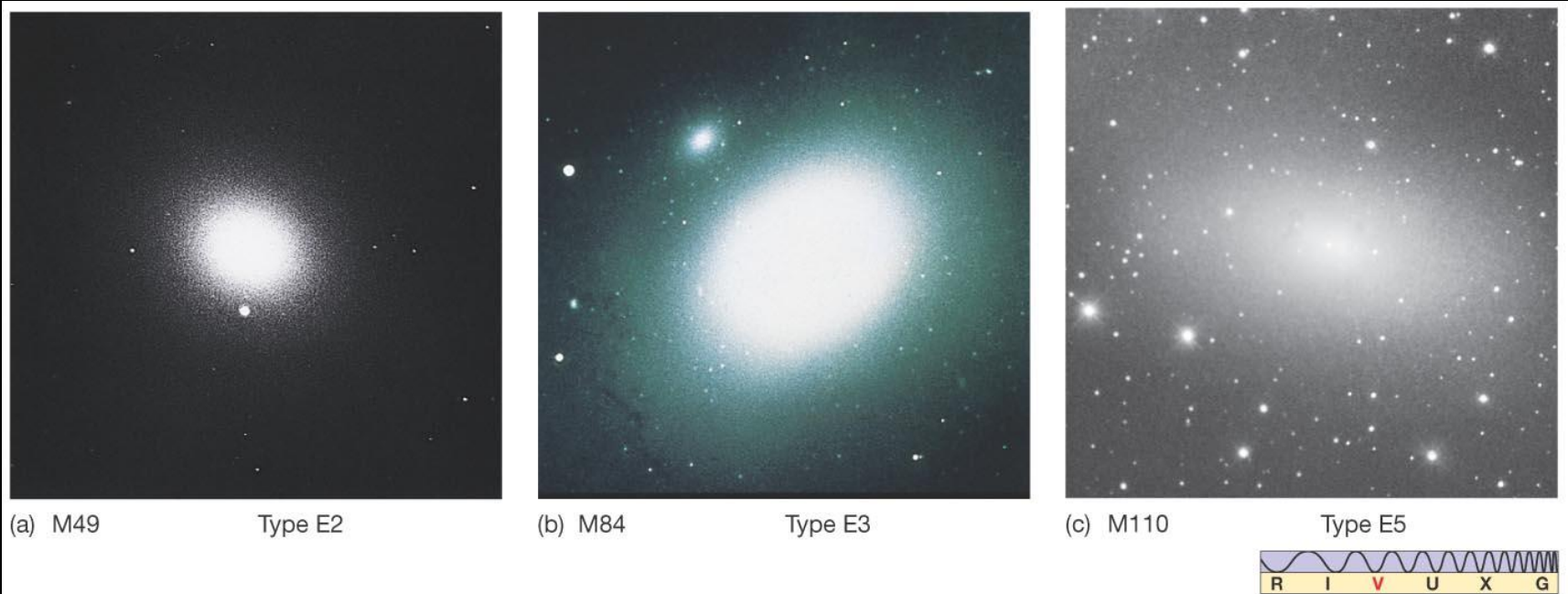
Braços de espirais projetam-se a partir da barra

Espirais normais e barradas têm as mesmas propriedades físicas e de composição química do gás e estrelas $\Rightarrow$ difícil distinção entre os tipos quando observadas a grandes distâncias.

Talvez a nossa Galáxia seja barrada (SBb ou SBc)...

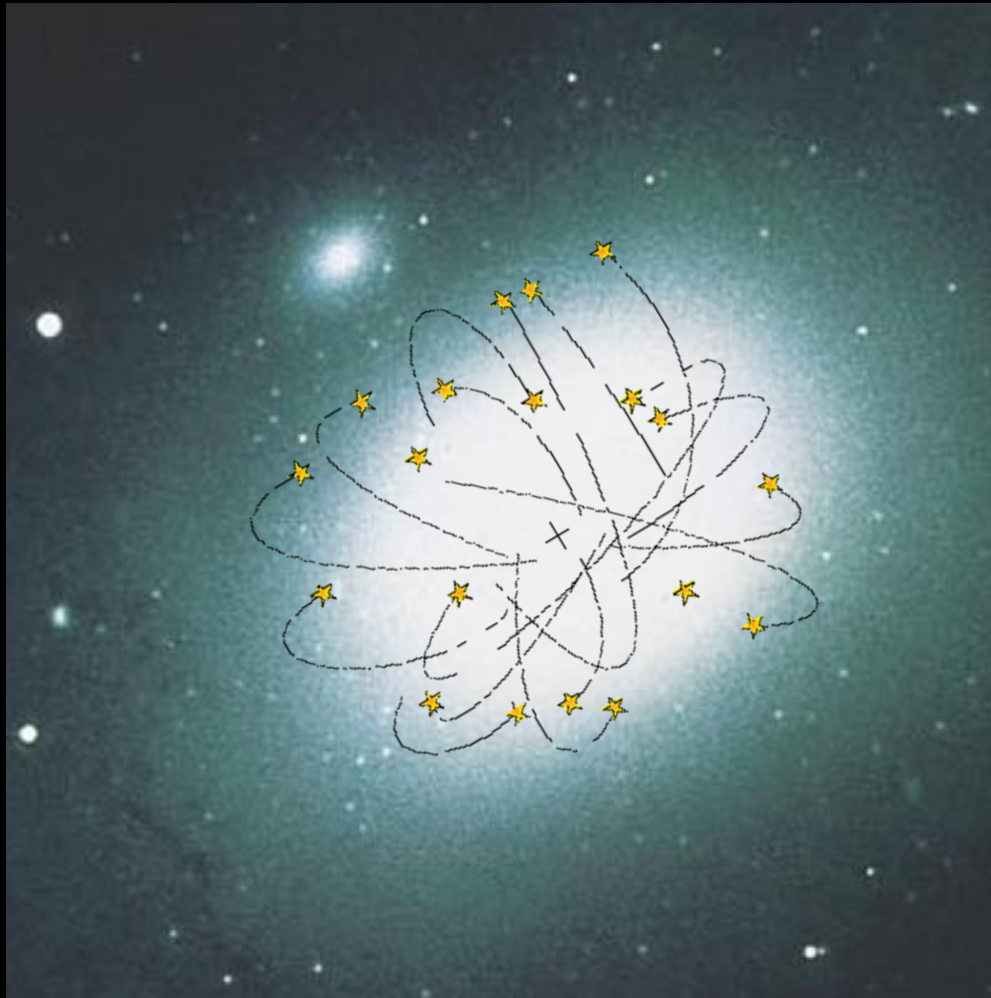
ELÍPTICAS

- sem estrutura espiral e sem disco
 - E0...E7 $\Rightarrow$ classificação quanto à elipticidade



- população estelar velha
- praticamente sem formação estelar recente
- quantidade insignificante de gás (frio) interestelar

ELÍPTICAS



**densidade de estrelas cresce
da borda para o centro.**

**Estrelas com órbitas
aleatórias**

TIPO DE GALÁXIA QUE CONTÉM A MAIOR DIFERENÇA DE TAMANHOS



(a) M49

Type E2



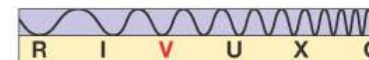
(b) M84

Type E3



(c) M110

Type E5



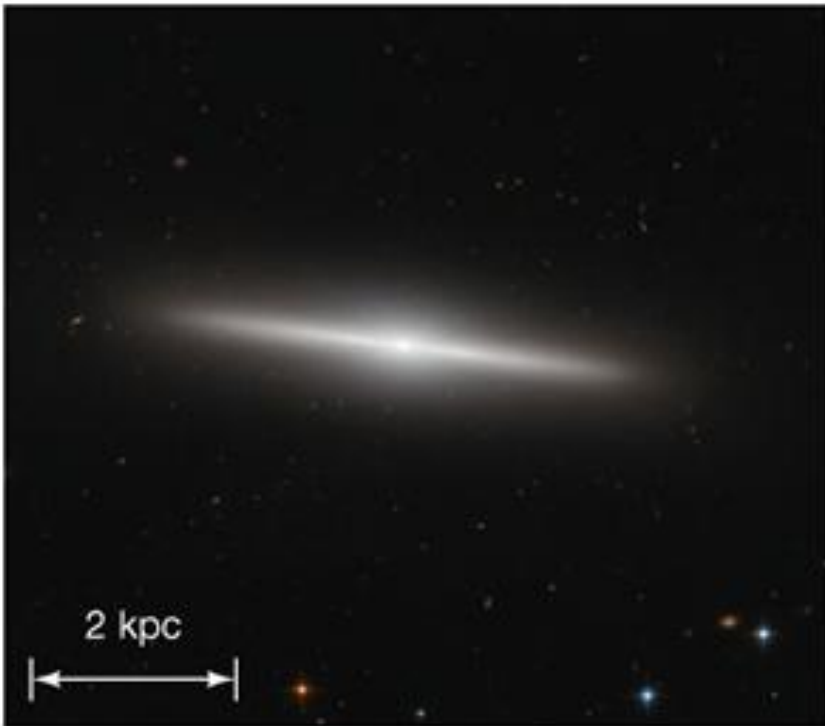
- elípticas gigantes: diâmetro de n Mpc com 1 trilhão de estrelas
- elípticas anãs: diâmetro de ~ 1 Kpc com poucos milhões de estrelas

mais comuns
no universo

Comparação:
Nossa Galáxia: diâmetro ~ 30 Kpc

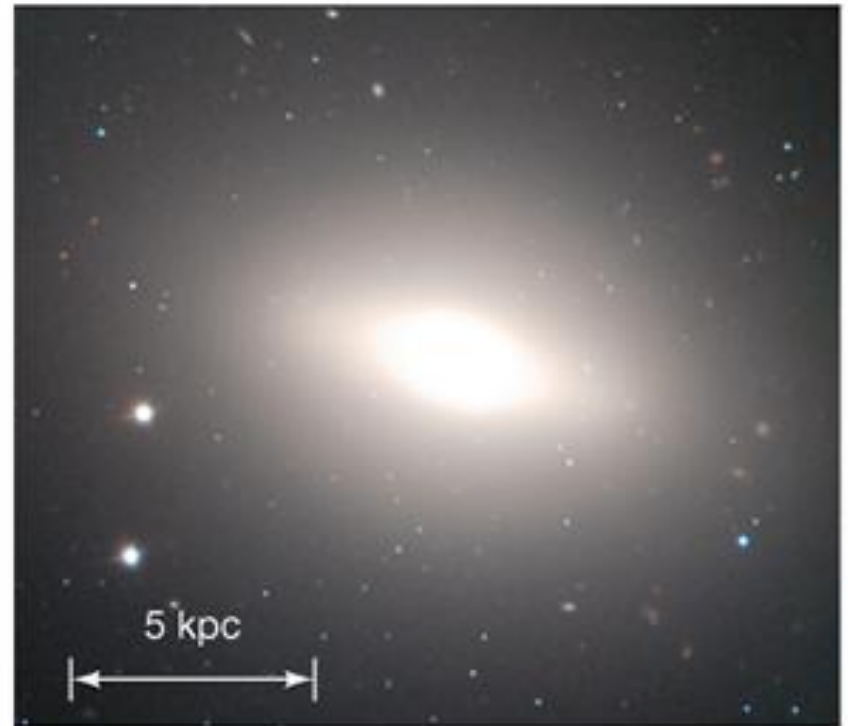
LENTICULARES

- Evidência de disco e bojo, pouco gás e sem estrutura espiral
constituído por estrelas velhas



(a) IC 335

Type S0



(b) NGC 4435

Type SB0

- S0 = sem barra SB0 = com barra



IRREGULARES

gás interestelar, estrelas jovens sem estrutura definida



intensa formação estelar

Contém $10^8 - 10^{10}$
estrelas

frequentemente encontram-se junto a galáxias maiores

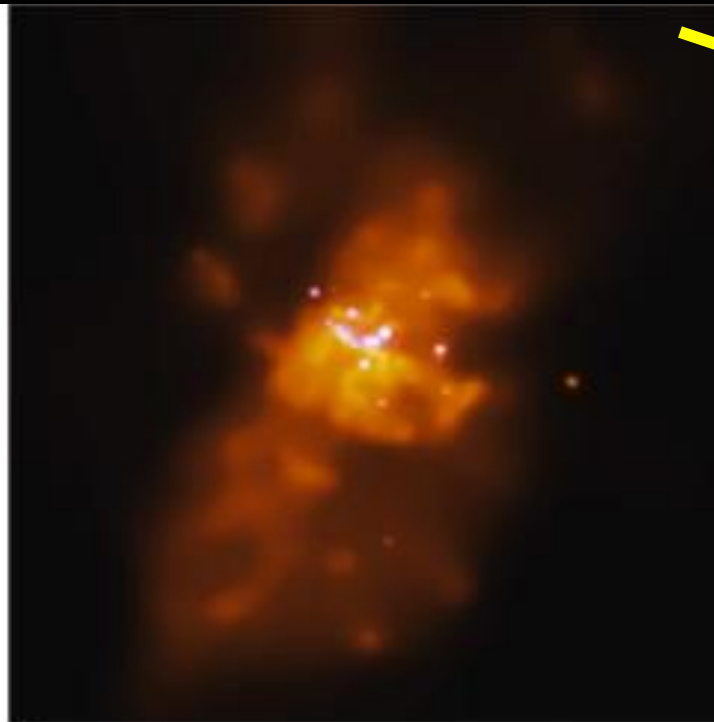
Irr1



(a) NGC 4485/4490



Irr2



(b) M82

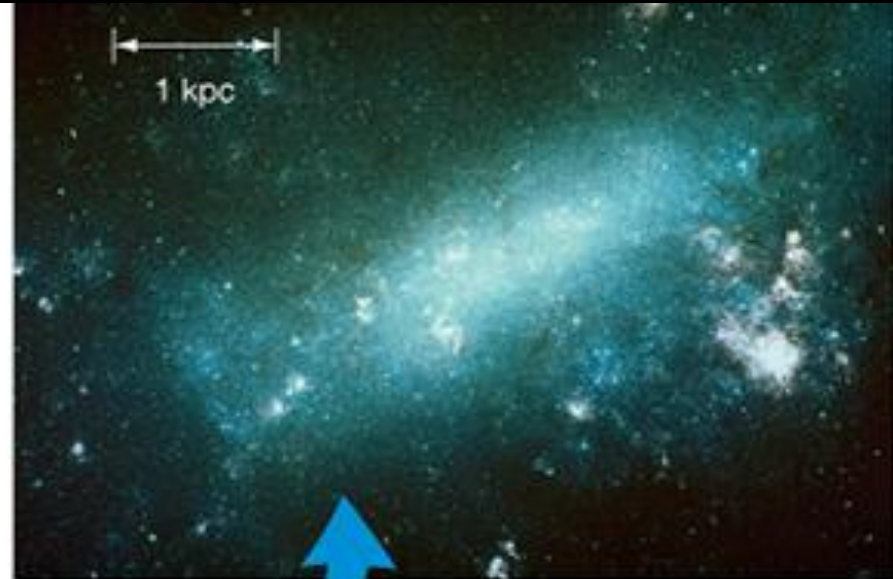


IRREGULARES

Galáxias Irr1



(b)



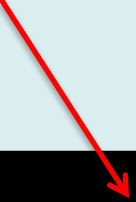
(c)

Small Magellanic Cloud

Large Magellanic Cloud

**Distância estimada :
50 Kpc do centro da Galáxia**

GALÁXIAS NORMAIS: $10^6 L_{\odot}$ (elípticas anãs e irregulares)
 $10^{12} L_{\odot}$ (elípticas gigantes)
nossa Galáxia: $2 \times 10^{10} L_{\odot}$



relativo a brilho

~ 40% das galáxias consideradas muito luminosas
NÃO APRESENTAM O BRILHO ESPERADO !!!

**São chamadas galáxias ativas
ou de núcleo ativo.**

Diferem das galáxias de brilho “normal”

- 1) Grande luminosidade**
- 2) tipo de radiação emitida.**

GALÁXIAS DE NÚCLEO ATIVO = atividade energética ocorre ao redor do núcleo da galáxia.

GALÁXIAS DE NÚCLEO ATIVO são classificadas em 3 tipos:

- 1) Seyfert**
- 2) Radio-Galáxias**
- 3) Quasares**

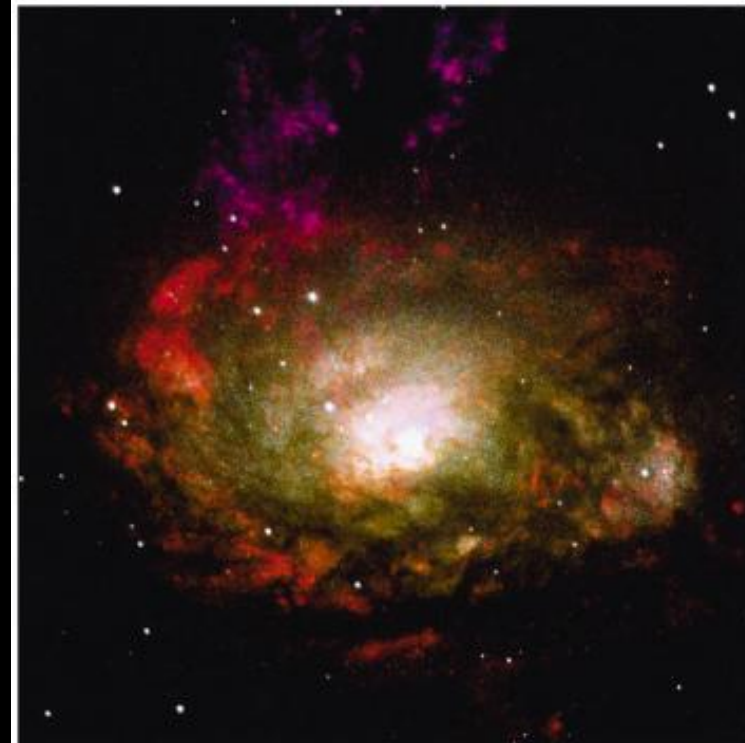
Galáxias SEYFERT

Galáxias espirais com núcleos extremamente brilhantes

**núcleo ~ 10,000 vezes mais brilhante
do que o núcleo da nossa Galáxia
(10 vezes mais do que a Via Láctea
inteira)**



(a)



(b)

RÁDIO GALÁXIAS

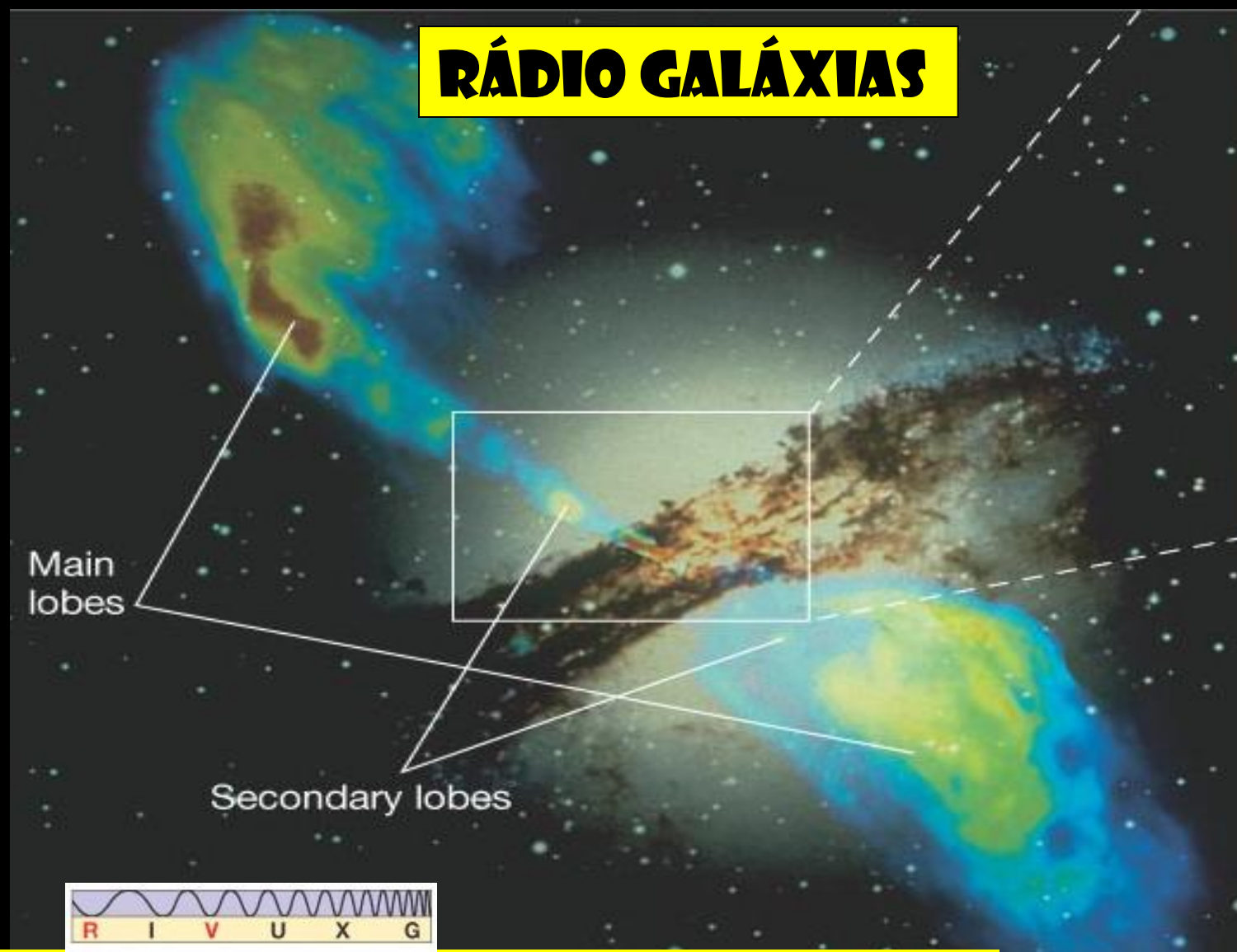
A detailed astronomical image of the Centaurus A galaxy (NGC 512). The galaxy is an E2 or lenticular type, characterized by a bright, dense central core and a prominent, dark, irregular band of dust that cuts across its face. The surrounding space is filled with numerous stars, appearing as small white dots against the dark blue background of the night sky. The dust band is particularly thick and dark in the center, with some lighter, more diffuse regions towards the edges.

Diferem das Seyfert por emitirem fortemente radiação na faixa de rádio e na aparência e extensão da região emissora.

Centaurus A

**IMAGEM NO VISÍVEL: galáxia E2 ou lenticular
cortada por uma banda de poeira irregular**

RÁDIO GALÁXIAS



Possuem lóbulos de matéria (nuvens de gás arredondadas por atrito com o meio intergaláctico) invisíveis aos telescópios ópticos.

Tais lóbulos são perpendiculares ao plano da galáxia.

A energia em rádio é emitida através dos lóbulos!

RÁDIO GALÁXIAS

Observadas a distâncias maiores do que as galáxias normais brilhantes

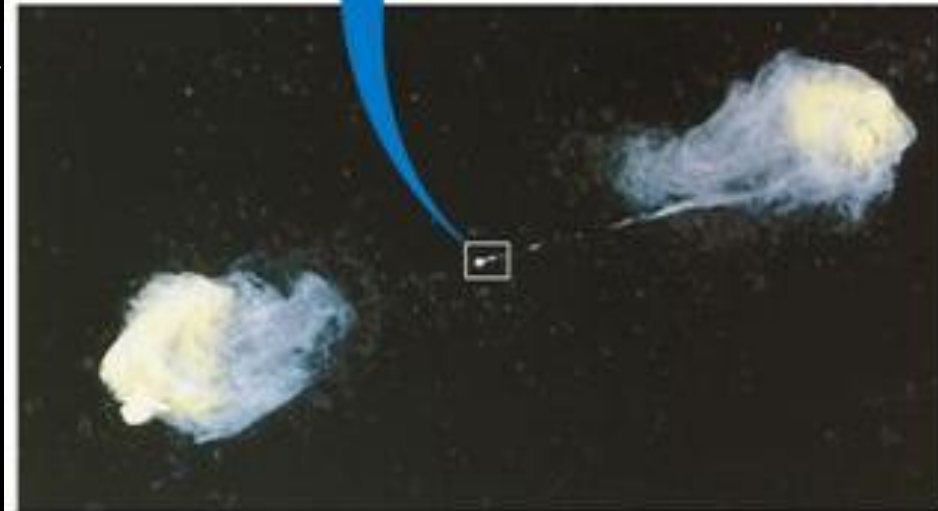
- associadas geralmente a galáxias elípticas

**Energia do jato pode alcançar
 $\sim 10^{35}$ W
250 milhões $L_{\odot}$**

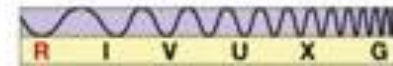
**Jatos podem alcançar
1 Mpc de extensão...**

Cygnus A – 250 Mpc da Terra

(a)



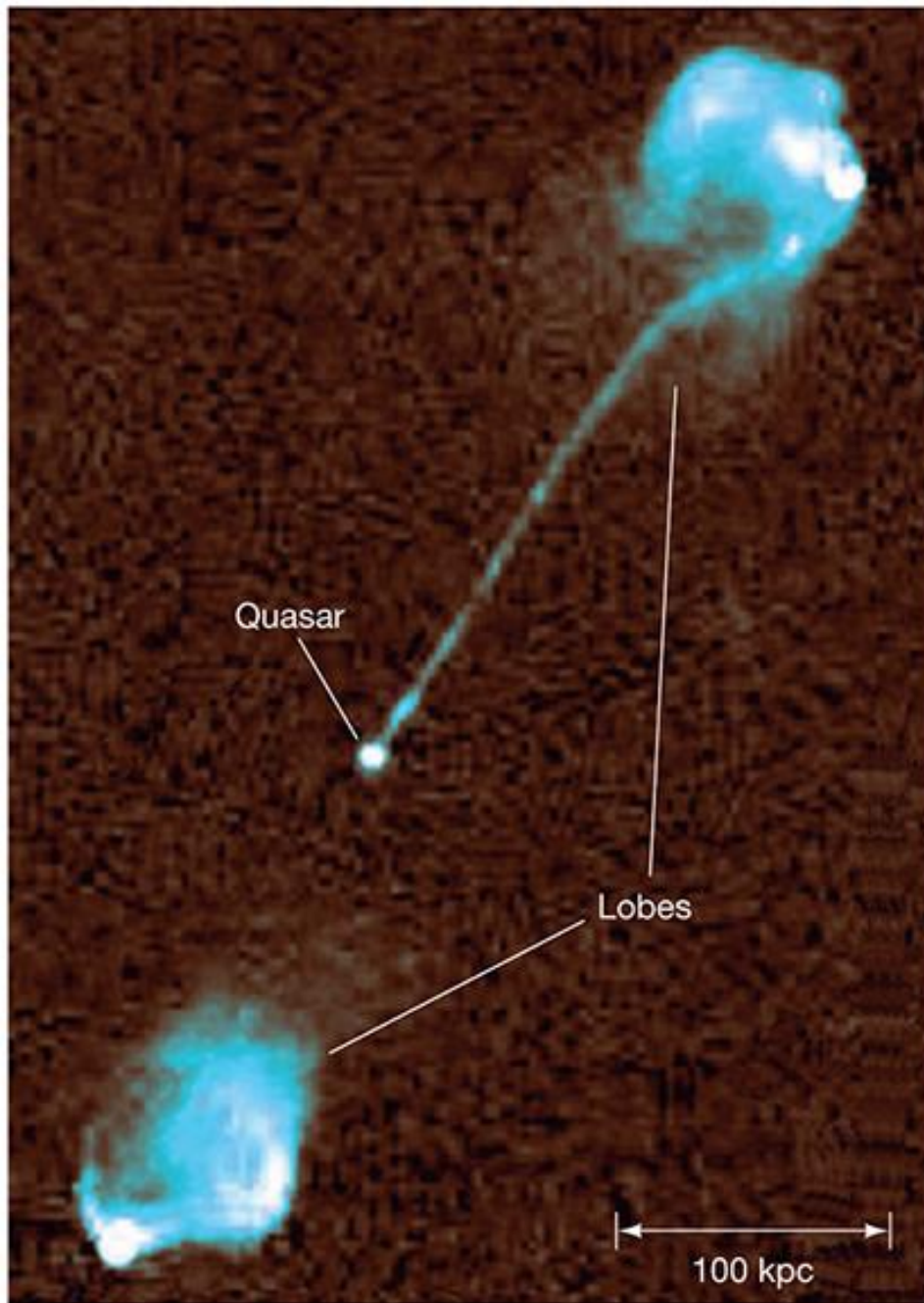
(b)



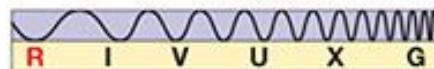
QUASARES



QUASI-STELLAR OBJECTS : aparência de estrela quando observados em baixos tempos de exposição, mas quando foram medidos seus espectros, a primeira vista aparentaram ser incomuns.



Quasar 3C175
Lóbulos de 1Mpc de tamanho.



QUASARES TEM PROPRIEDADES PARECIDAS COM RÁDIO-GALÁXIAS

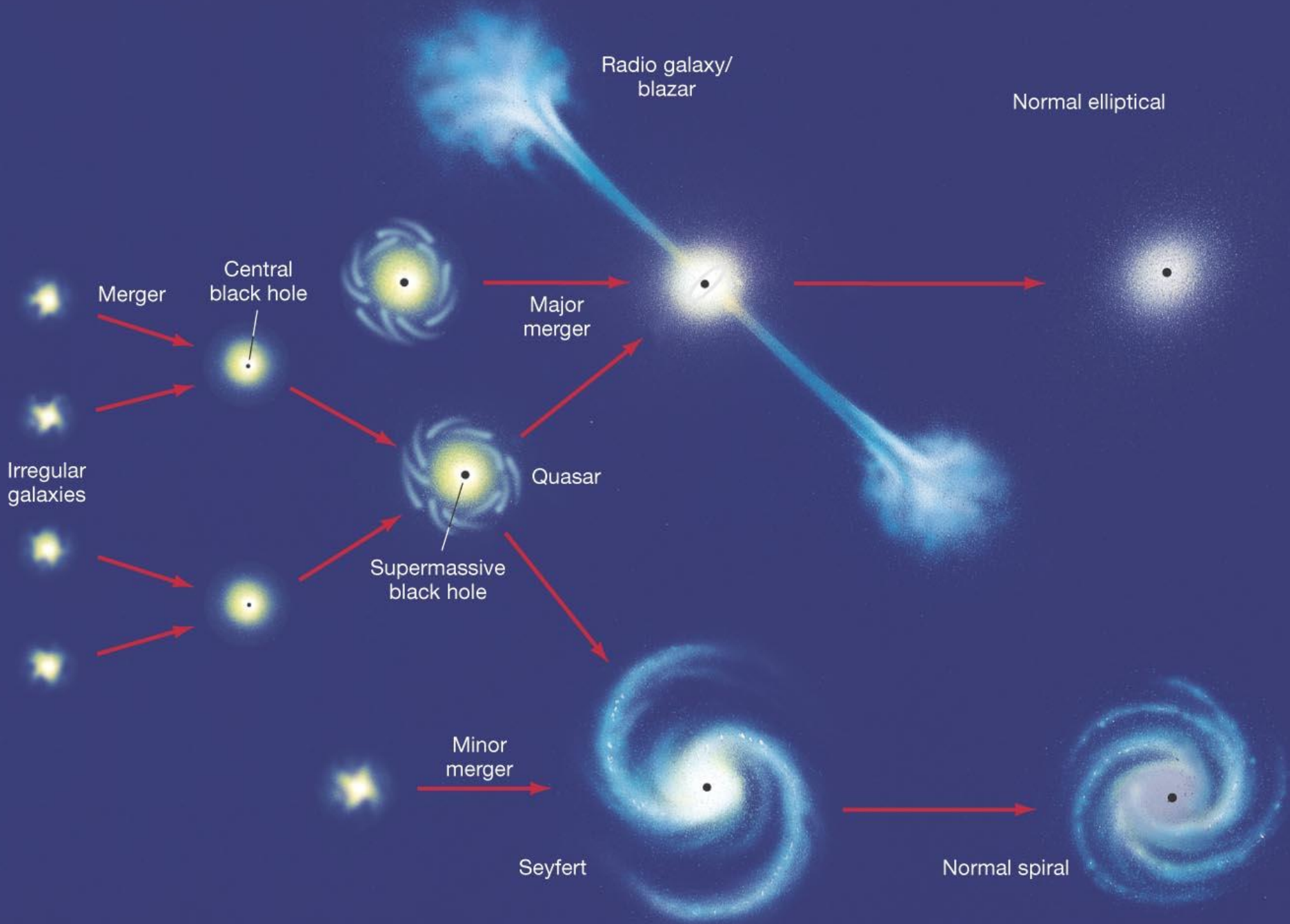
Mas..

Não existem quasares na vizinhança da Via Láctea, apenas muito distantes (mais do que Seyfert e Radio-Galáxias), o que significa que são muito antigos.

IMPORTANTE:

PODE REPRESENTAR UMA SEQUÊNCIA EVOLUTIVA:

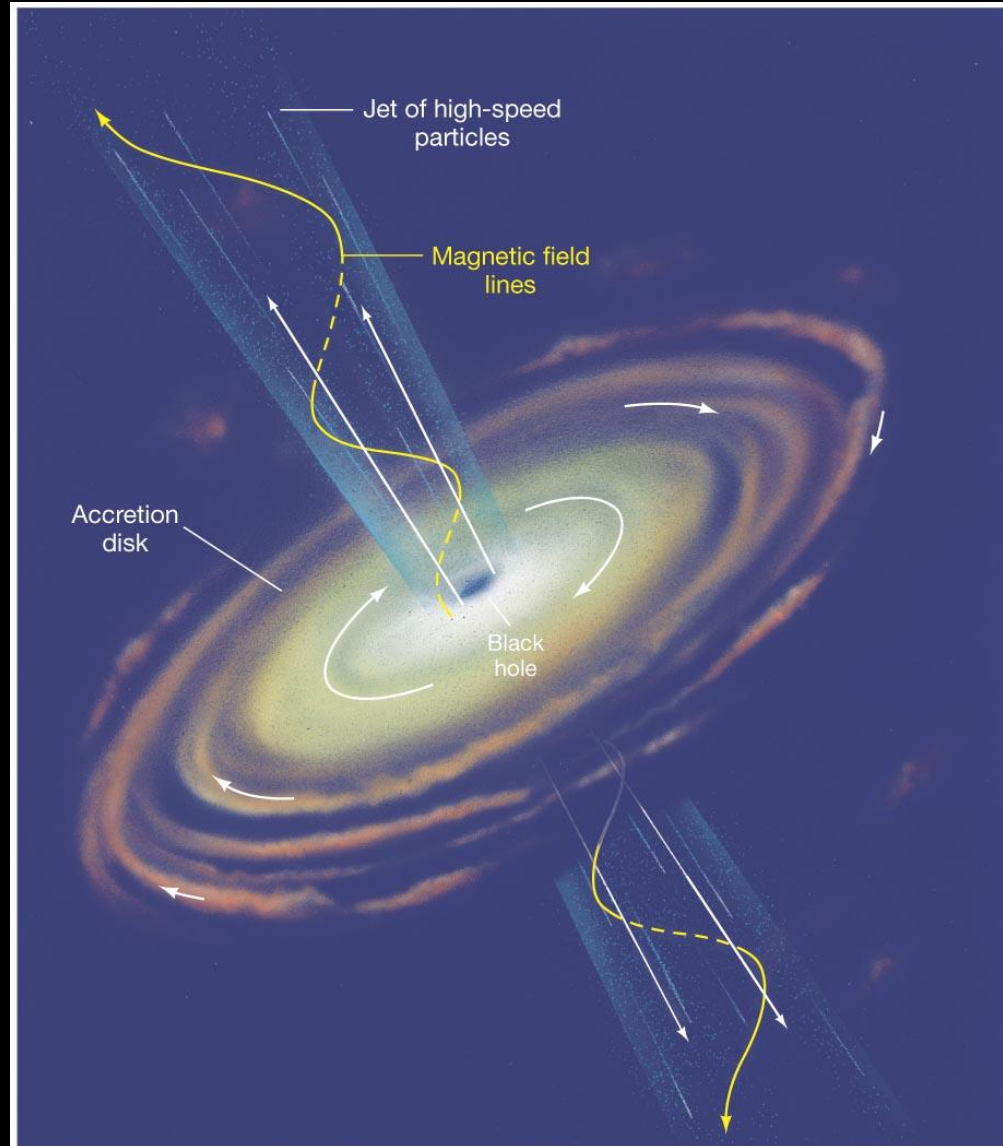
QUASAR - GALÁXIAS ATIVAS (SEYFERT E RADIO) - GALÁXIAS NORMAIS



TEORIA MAIS ACEITA PARA EXPLICAR A ALTA LUMINOSIDADE, JATOS E LÓBULOS

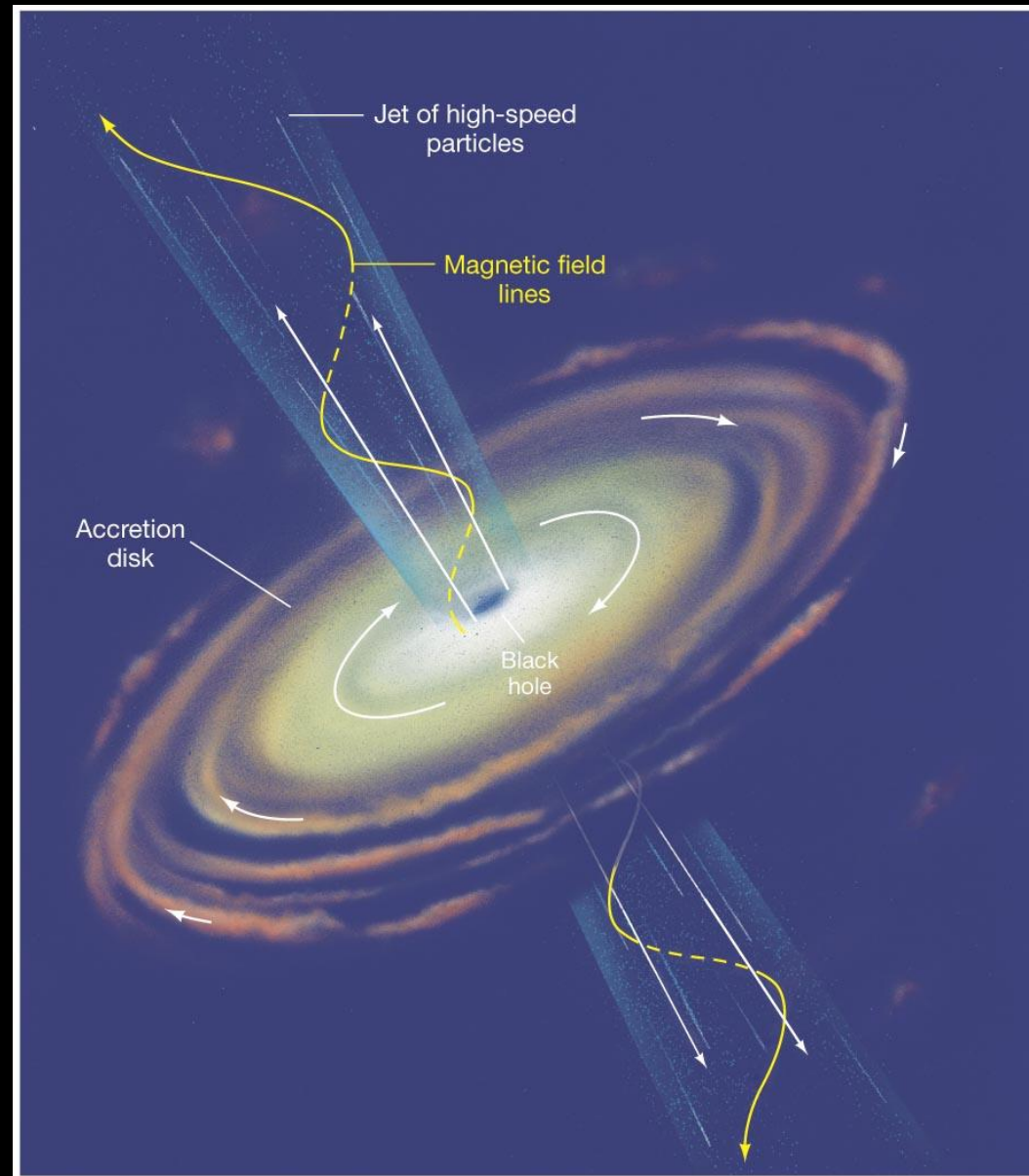
Um buraco negro central supermassivo forma um disco de matéria ao seu redor, chamado DISCO DE ACRESCÃO. Nas galáxias ativas, o buraco negro central pode atingir bilhões de $M_{\odot}$.

A matéria neste disco (estrelas, gás e poeira interestelar) espirala em direção ao buraco negro, aquecendo e produzindo quantidade enorme de energia.



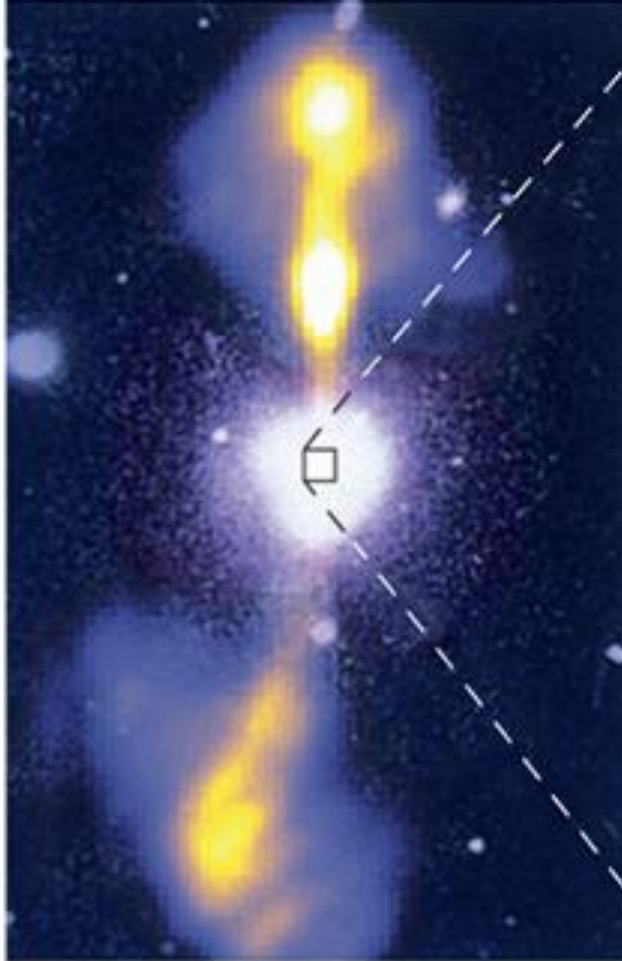
Jatos de gás de alta velocidade são formados perpendicularmente ao disco de acreção, formando os LÓBULOS OBSERVADOS em radio galáxias e quasares.

Os campos magnéticos gerados no disco são transmitidos aos lóbulos, produzindo a radiação observada.

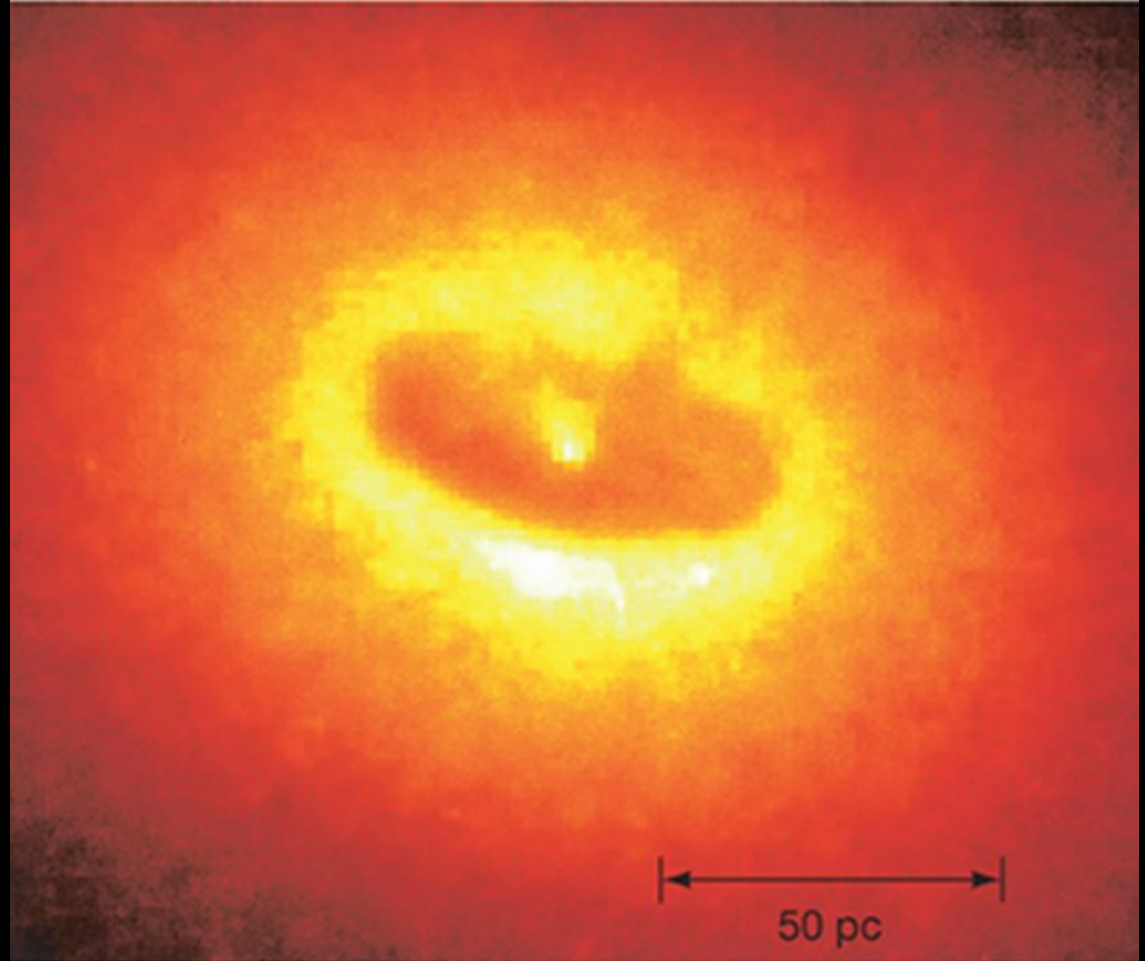


GALÁXIA E GIGANTE NGC 4261 (AGLOMERADO DE VIRGEM):

- a) **Em amarelo imagem em rádio dos lobos (60 kpc de extensão)**
- b) **Evidência de um buraco negro no centro da rádiogaláxia $\Rightarrow$ disco de 100 pc de diâmetro ao redor de um material brilhante que abriga um buraco negro.**



(a)  R I V U X G



(b)  R I V U X G