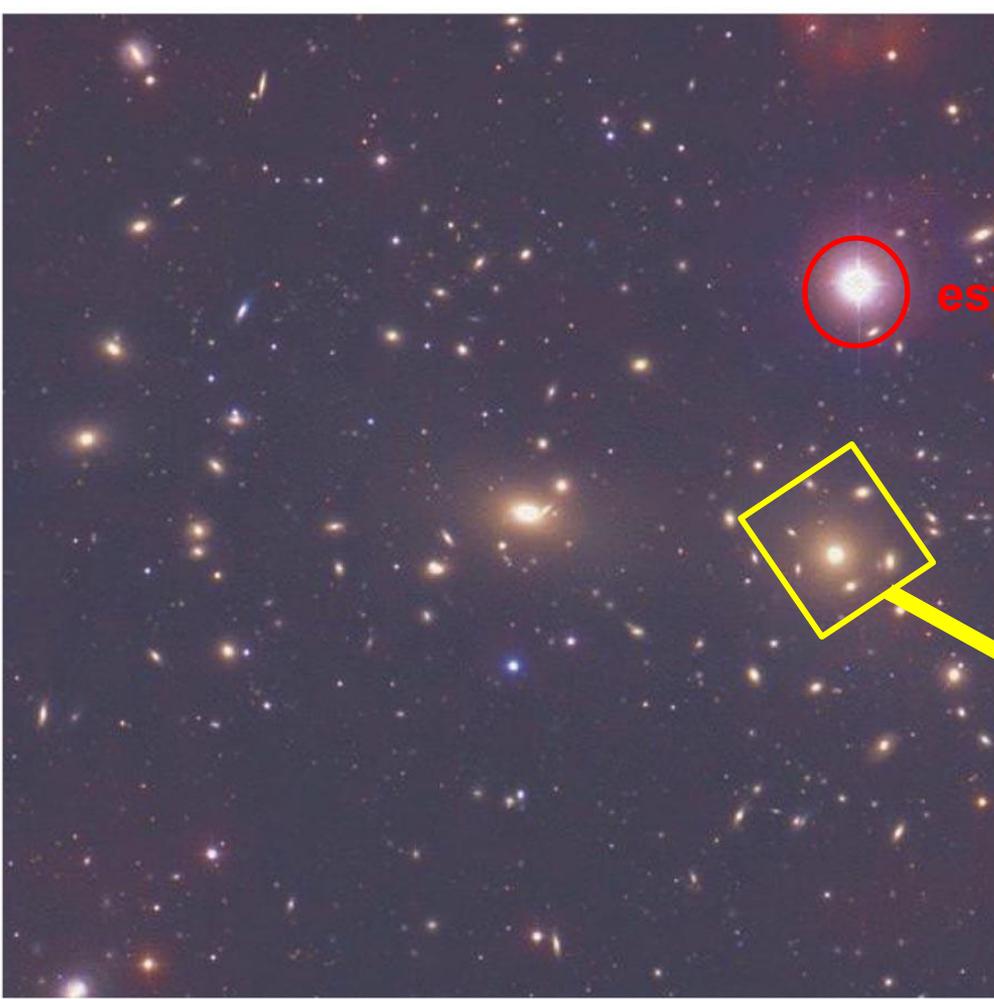


(Adaptado do curso AGA0215 da **Profa. Thais Idiart**)

GALÁXIAS

A large, bright, yellowish-white galaxy with a prominent central bulge and a diffuse, glowing disk, set against a dark background filled with numerous small, distant stars.



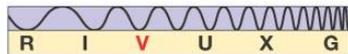
Imagens de galáxias \neq estrelas
imagens das galáxias são mais difusas

estrela

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



(a)



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Aglomerado de Coma
(100 Mpc de distância da Terra)

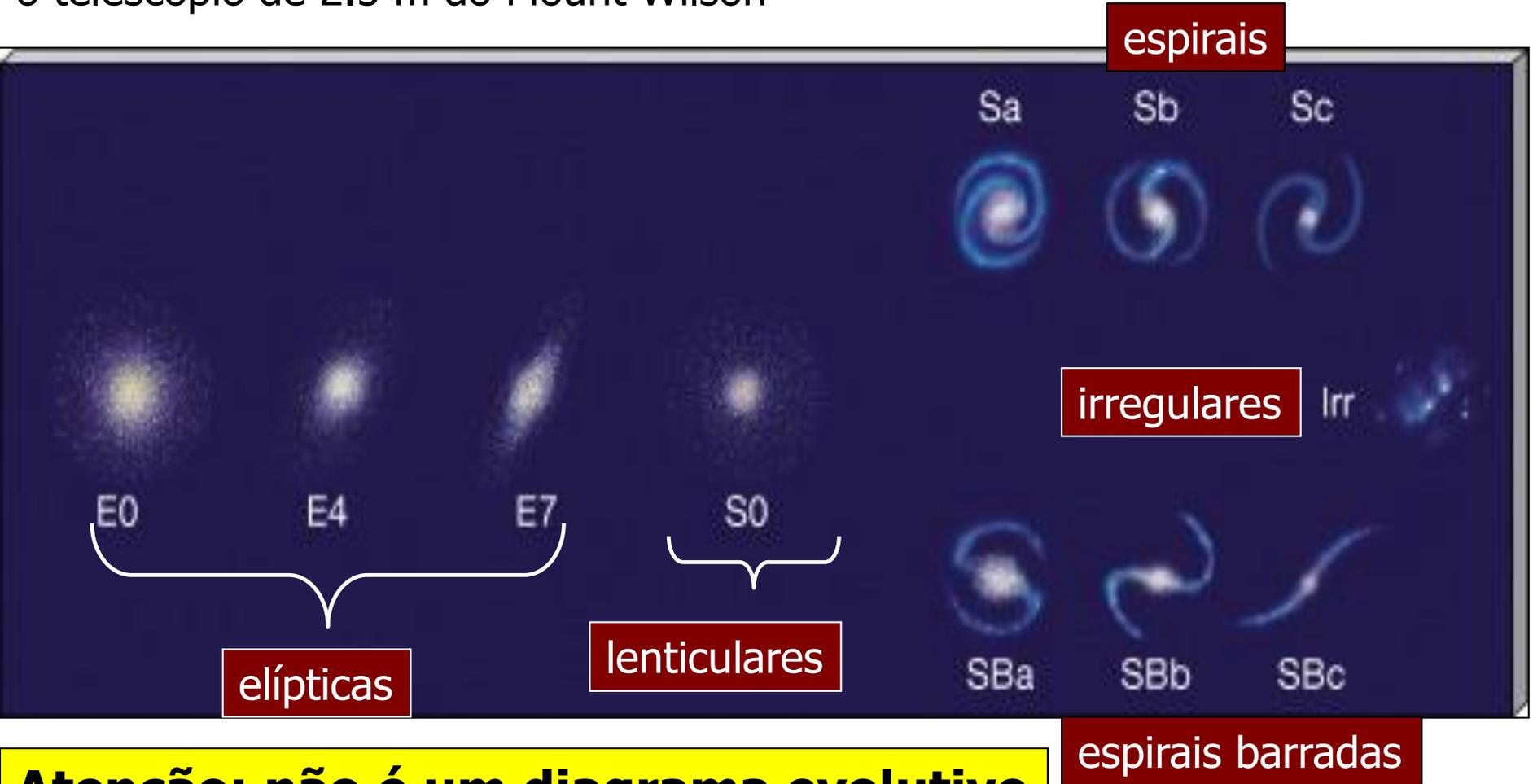
(b)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

MORFOLOGIA: CLASSIFICAÇÃO DE HUBBLE

(classificação quanto à aparência)

Hubble fez esta classificação em 1924 usando o telescópio de 2.5 m do Mount Wilson



Atenção: não é um diagrama evolutivo

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE GALÁXIAS

ESPIRAIS

- disco em rotação, braços de espirais e bojo
- densidade estelar maior no centro do bojo
- halo extenso de estrelas velhas e de brilho fraco isoladas e em aglomerados globulares

Sa, Sb e Sc \Rightarrow classificação de acordo com tamanho do bojo



(a) M81

Type Sa



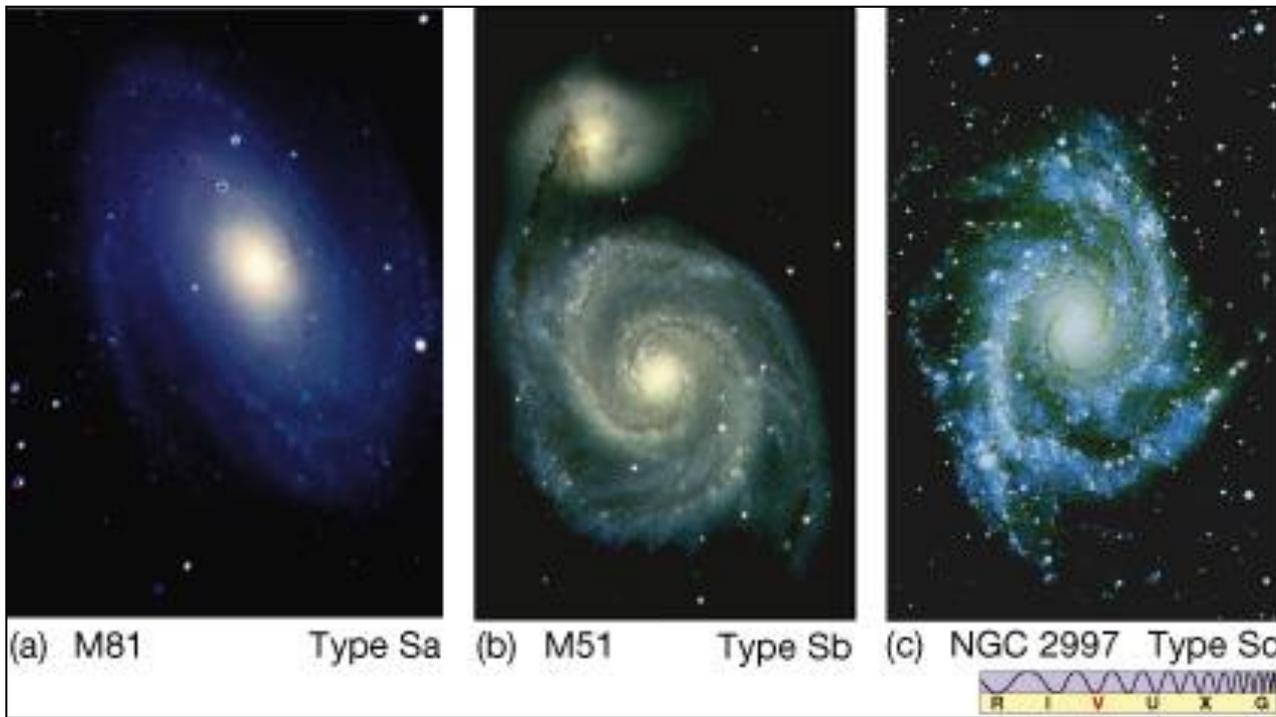
(b) M51

Type Sb



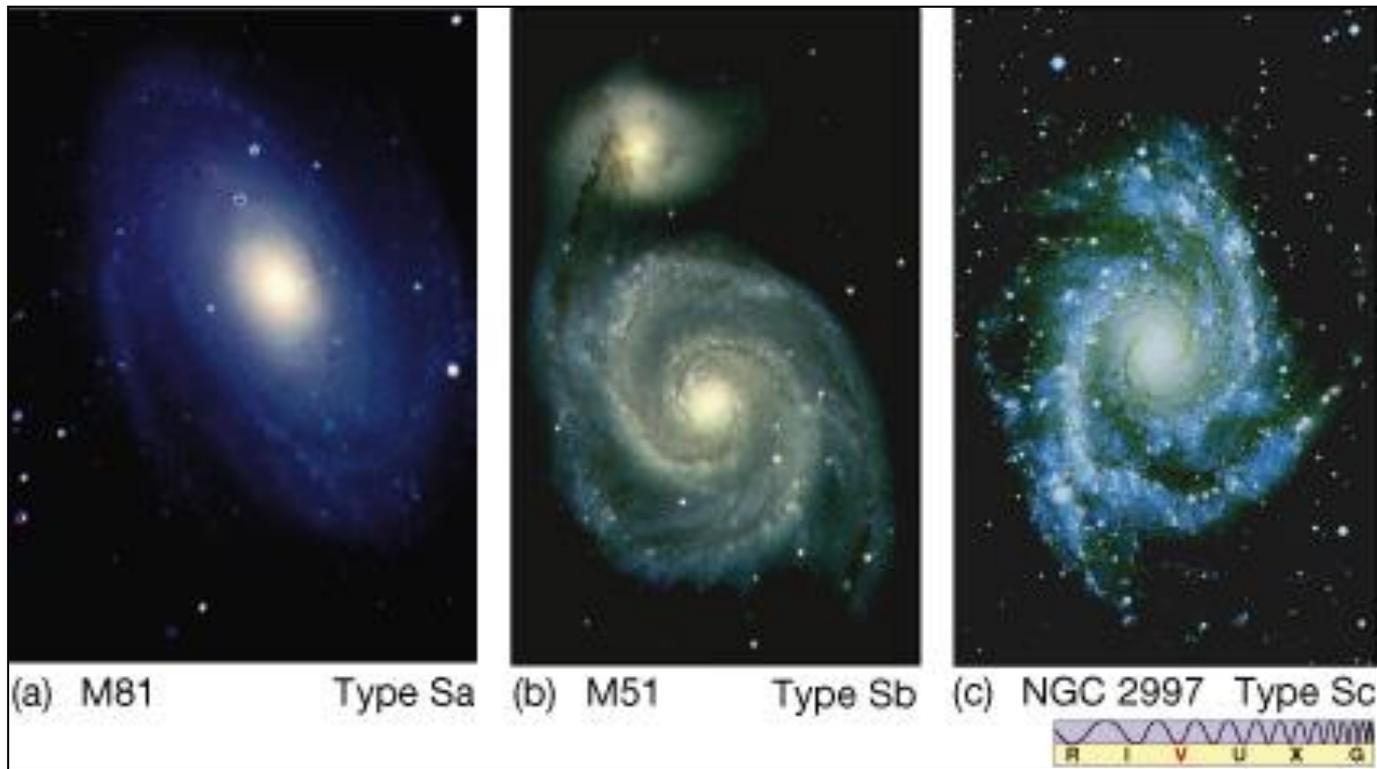
(c) NGC 2997 Type Sc





correlação bojo – braços de espirais

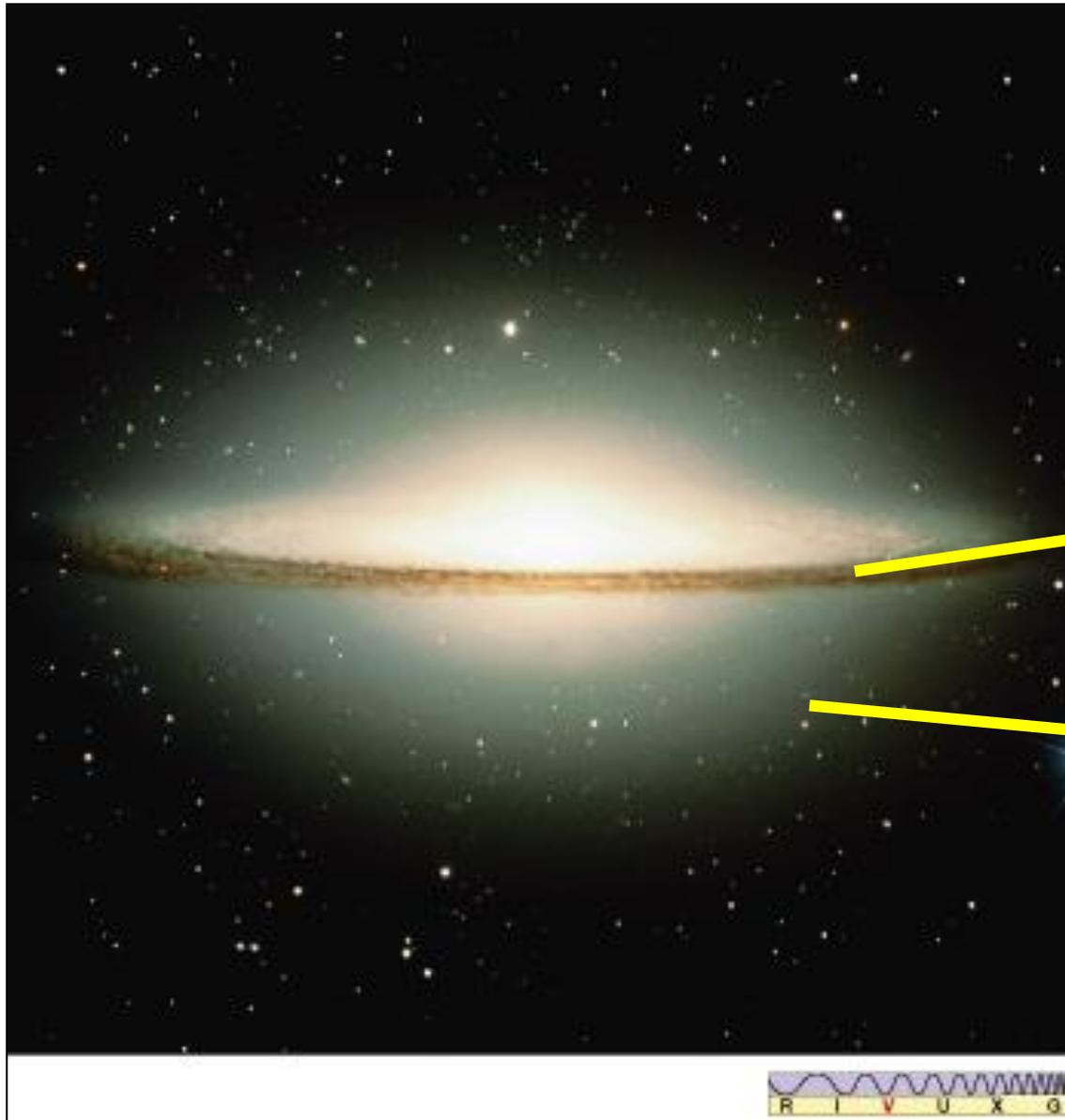
- Galáxias Sa (bojos maiores)** { **espirais quase circulares e pouco delimitadas**
- Galáxias Sc (bojos menores)** { **espirais mais espalhadas e mais definidas. presença maior de “nós” de matéria(estrelas + gás).**



- a maior parte da luz vinda das espirais \Rightarrow estrelas A - G do disco
- 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

M104 – Galáxia sombreiro

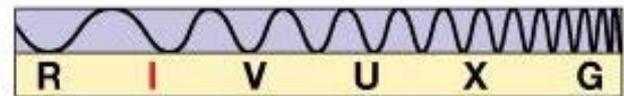


É uma galáxia Sa

poeira no disco
que obscurece a
luz vinda das
estrelas.

halo

M104 – Galáxia sombreiro



ESPIRAIS BARRADAS

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

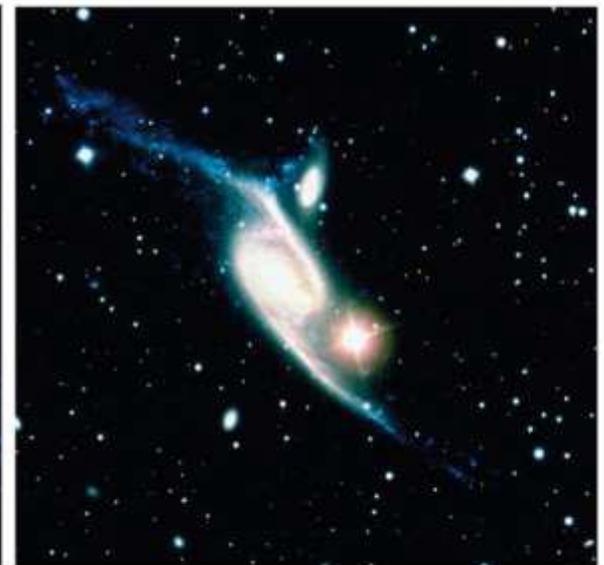
SBa, SBb e SBc \Rightarrow classificação de acordo com tamanho do bojo



(a) NGC 1300 Type SBa



(b) NGC 1365 Type SBb



(c) NGC 6872 Type SBc



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 ⇒ difícil distinção entre os tipos

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

ELÍPTICAS

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



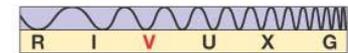
(a) M49 Type E2



(b) M84 Type E3



(c) M110 Type E5



- contém estrelas velhas
- sem formação estelar
- quantidade insignificante de gás (frio) interestelar

densidade de estrelas cresce da borda para o centro.

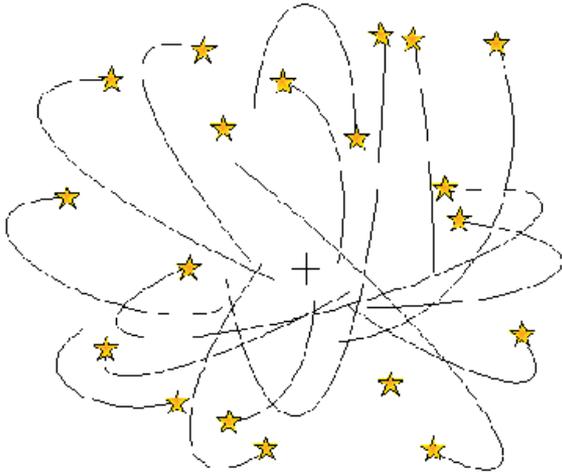
Estrelas com órbitas randômicas

A massa de elípticas é estimada de forma diferente da massa galáxias espirais:

TEOREMA DO VIRIAL

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 I}{dt^2} = 2K + U$$

Varição da distribuição da massa de um corpo em torno de um eixo de rotação



Supondo que as estrelas dentro da galáxias tenham atingido uma situação de equilíbrio orbital, ou seja, as órbitas estão VIRIALIZADAS (momentum de inércia não varia com o tempo) :

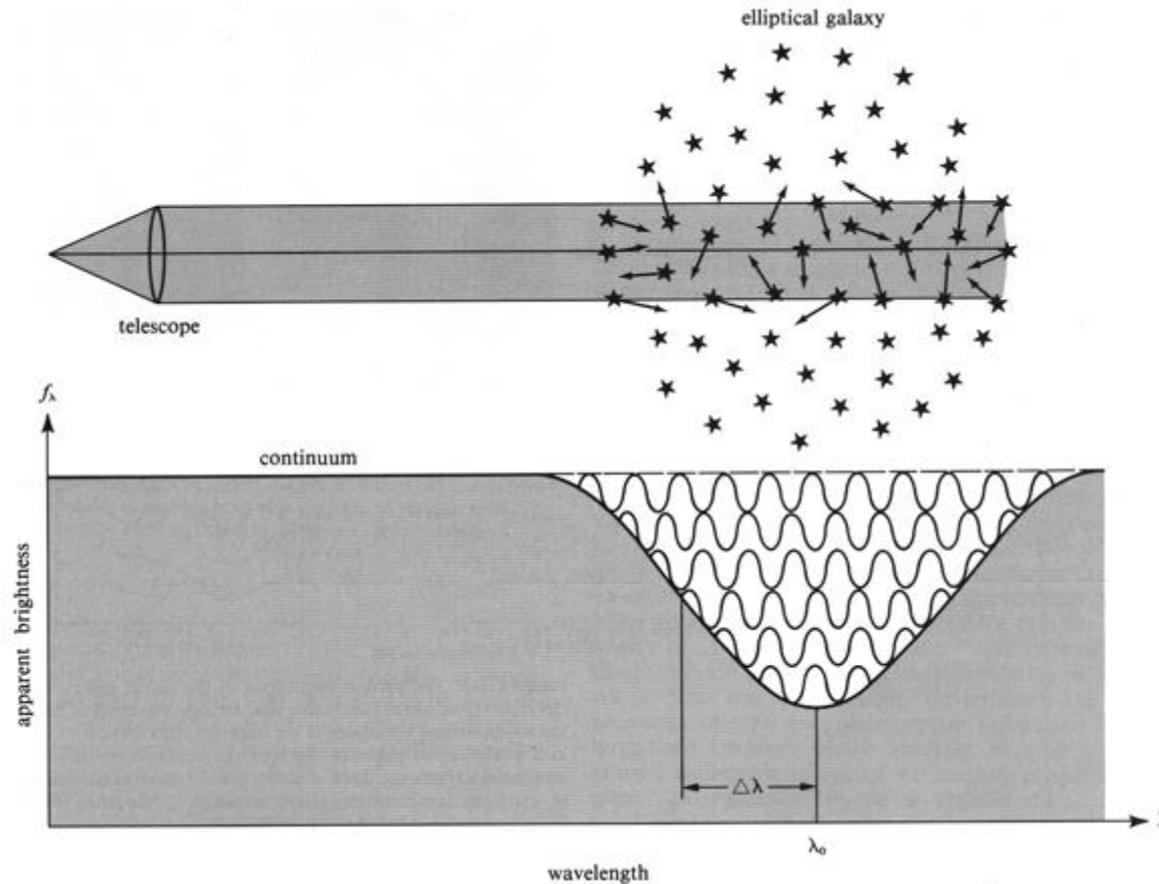
$$2K + U = 0$$

$$\langle K \rangle = \frac{M \langle v^2 \rangle}{2} ; U = - \frac{GM^2}{R}$$

Considerando uma distribuição isotrópica de velocidades (v na linha de visada):

$$\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle = 3 \langle v^2 \rangle$$

Espalhamento de velocidades na linha de visada = dispersão de velocidades em torno da velocidade media $\sigma^2 = \langle v^2 \rangle$



$$M = \frac{3R\sigma^2}{G}$$

σ = dispersão de velocidades
 R = raio médio da galáxia

Obs: Fórmula diferente da massa estimada de galáxias espirais: $M=Rv^2/G \Rightarrow v$ = velocidade de rotação

ELÍPTICAS



(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

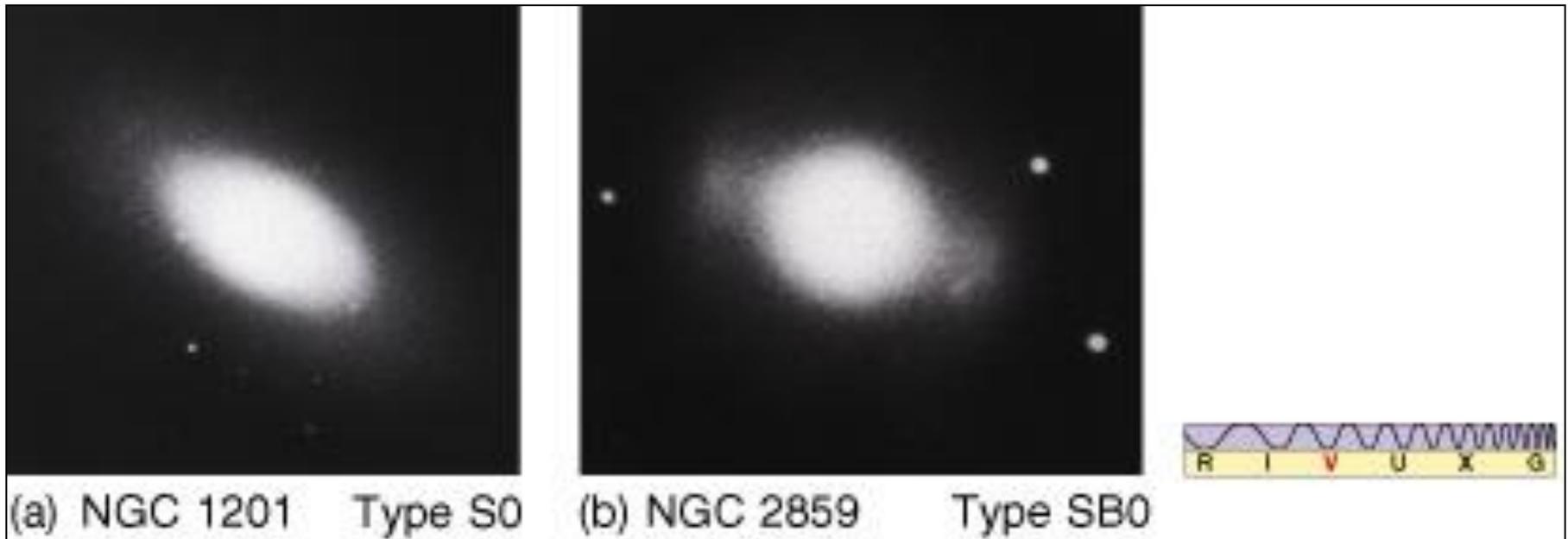
**mais comuns
no universo**

**Comparação:
Nossa Galáxia: diâmetro ~ 30 kpc**

LENTICULARES

- Evidência de disco e bojo, pouco gás e sem estrutura espiral

constituído por estrelas velhas



- S0 = sem barra SB0 = com barra

IRREGULARES

- gás interestelar, estrelas jovens, sem estrutura definida

- Irr1 e Irr2

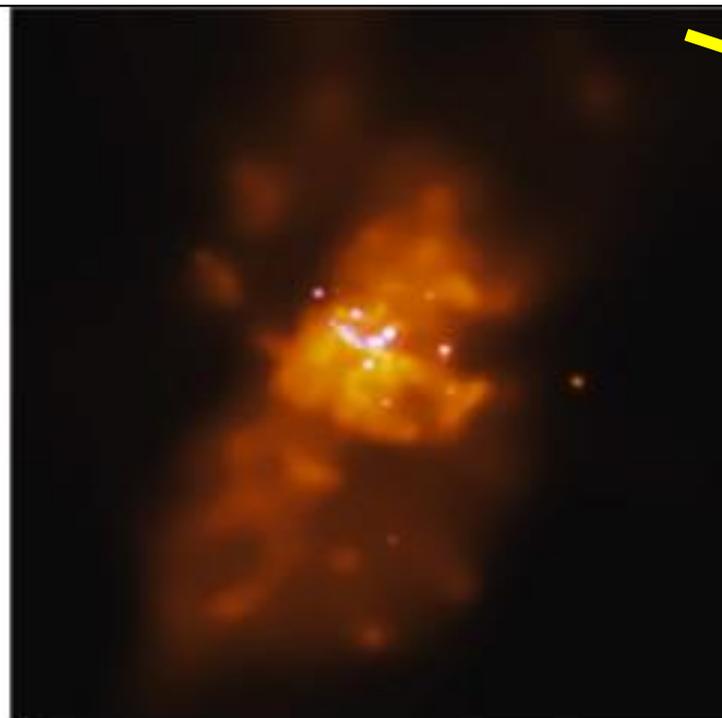
intensa formação estelar

Contém $10^8 - 10^{10}$
estrelas

frequentemente encontram-se junto a galáxias maiores



(a) NGC 4485/4490



(b) M82



Irr2

IRREGULARES



Galáxias Irr1

**Distância medida com Cefeidas:
50 kpc do centro da Galáxia**

Propriedades das Galáxias

	ESPIRAIS	ELÍPTICAS	IRREGULARES
Forma e estrutura	<p>Presença de um disco contendo braços de espirais.</p> <p>Presença de bojo.</p> <p>Presença de halos ~ esféricos</p> <p>Sa e SBa = maiores bojos e estrutura espiral menos definida.</p> <p>SB = presença de barras centrais contendo gás e estrelas</p>	<p>Estrelas distribuídas dentro de um volume elíptico</p> <p>E0= esférico</p> <p>E7= + alongado</p> <p>Densidade de estrelas maior no centro</p>	<p>Estrutura não óbvia</p> <p>Irr1= “espirais deformadas”</p> <p>Irr2= aparência explosiva</p>
Conteúdo estelar	<p>Disco = estrelas jovens e velhas</p> <p>Halo = estrelas velhas</p>	<p>Estrelas velhas</p>	<p>Estrelas jovens e velhas</p>
Gás e poeira	<p>preferencialmente no disco</p>	<p>Halo de gás muito quente</p>	<p>Abundante em gás e poeira</p>
Formação estelar	<p>Formação nos braços de espirais</p>	<p>Formação recente insignificante</p>	<p>Alta taxa de formação</p>
Dinâmica	<p>Disco = gás + estrelas movimentam-se em órbitas ~ circulares</p> <p>Halo = órbitas randômicas</p>	<p>Estrelas com órbitas randômicas</p>	<p>Estrelas e gás com órbitas irregulares</p>

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

**~ 20-25% das galáxias consideradas luminosas ($> 10^{10} L_{\odot}$)
NÃO SÃO “NORMAIS” EM BRILHO!!!
PODEM SER BASTANTE LUMINOSAS**

Dentro das galáxias consideradas “normais”, algumas são extra luminosas pq experimentam intensos e curtos episódios violentos de formação estelar *BURST* (alguns milhões de anos)
= GALÁXIAS STARBURST (interação entre galáxias vizinhas)



Interações ou colisões entre galáxias provocam compressão do meio interestelar interno provocando episódios violentos de formação estelar.

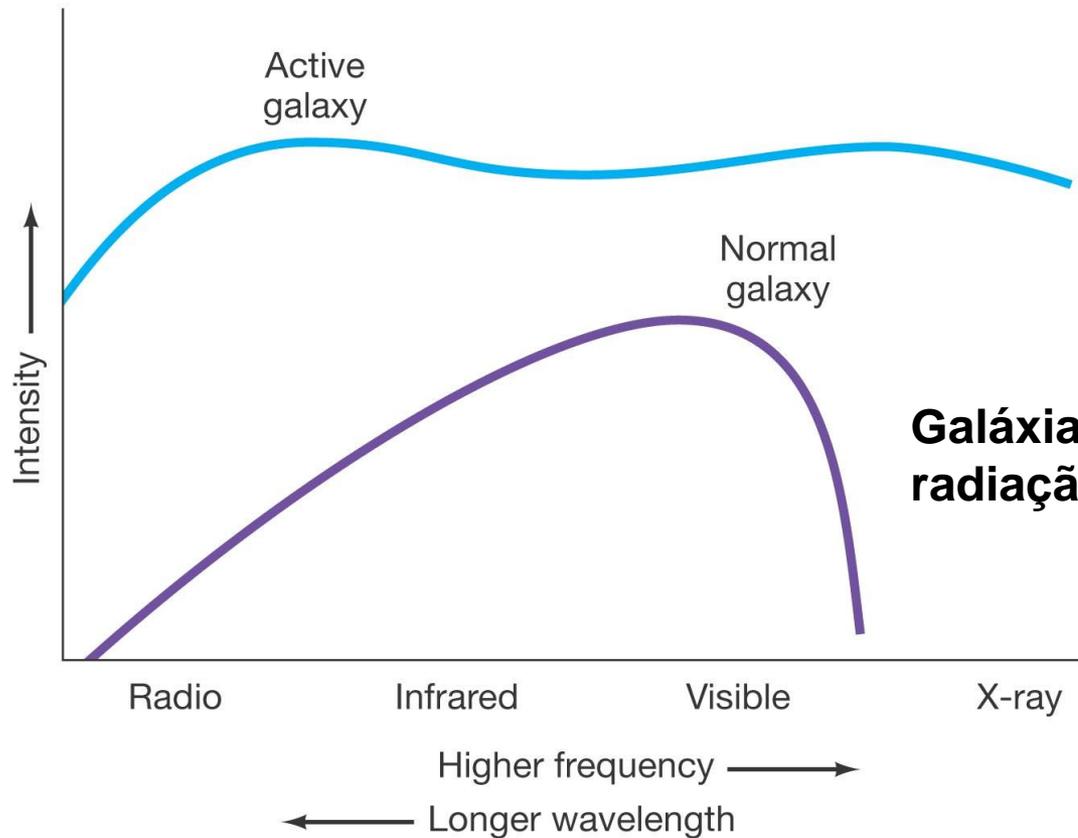


Galáxias extremamente luminosas e não normais em brilho são chamadas galáxias ativas ou de núcleo ativo.

Diferem das galáxias normais:

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

GALÁXIAS COM NÚCLEO ATIVO



Galáxias ativas: pico de radiação em λ bem maiores ou menores

Galáxias normais: ~ pico de radiação no visível

A radiação vinda destas galáxias é chamada de **RADIAÇÃO NÃO-ESTELAR**

Radiação não é consistente com o esperado se considerarmos que a maior parte da luminosidade vem do conjunto de estrelas que formam uma dada galáxia.

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**

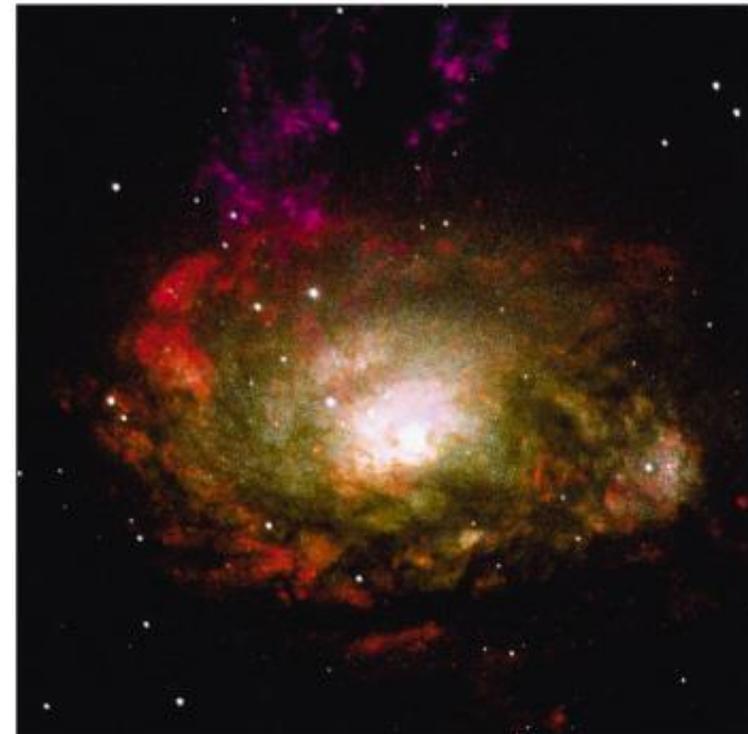
Galáxias SEYFERT

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)

Galáxias SEYFERT

Núcleos emitem radiação desde o infravermelho até raios-X
(75% emitem a maior parte da radiação no infravermelho)



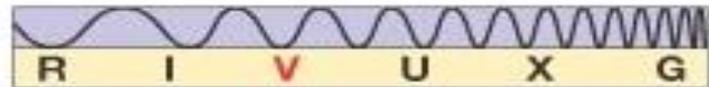
Radiação de alta energia absorvida pela poeira pertencente ao núcleo
ou pertencente a regiões próximas ao núcleo e reemitida em IR

RÁDIO Galáxias

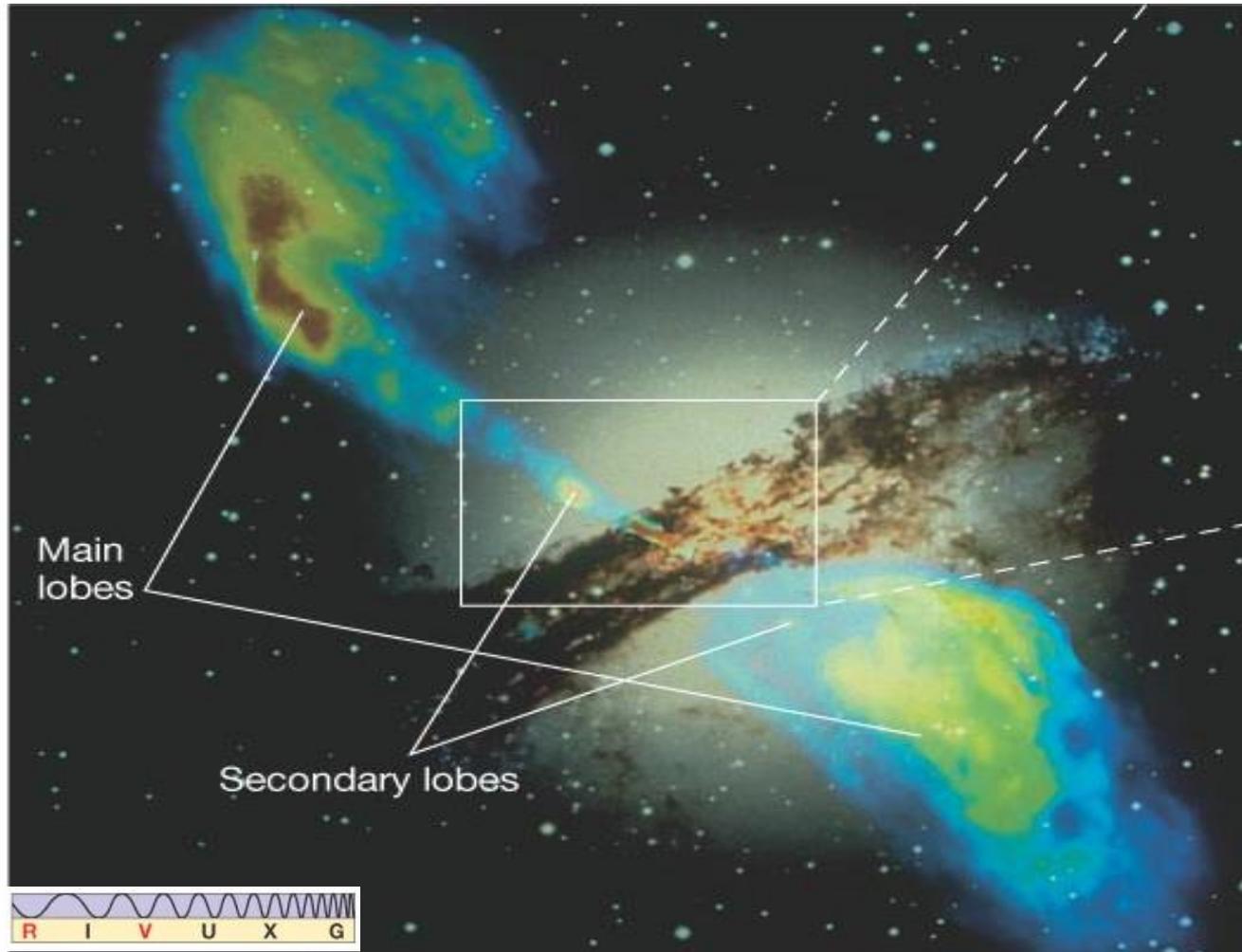
Diferem das Seyfert por emitirem fortemente radiação na faixa de rádio e na aparência e extensão da região emissora.

Centaurus A

**Visível: galáxia E2 ou lenticular (500 kpc de diâmetro)
cortada por uma banda de poeira irregular**



RÁDIO Galáxias



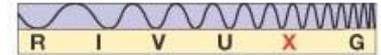
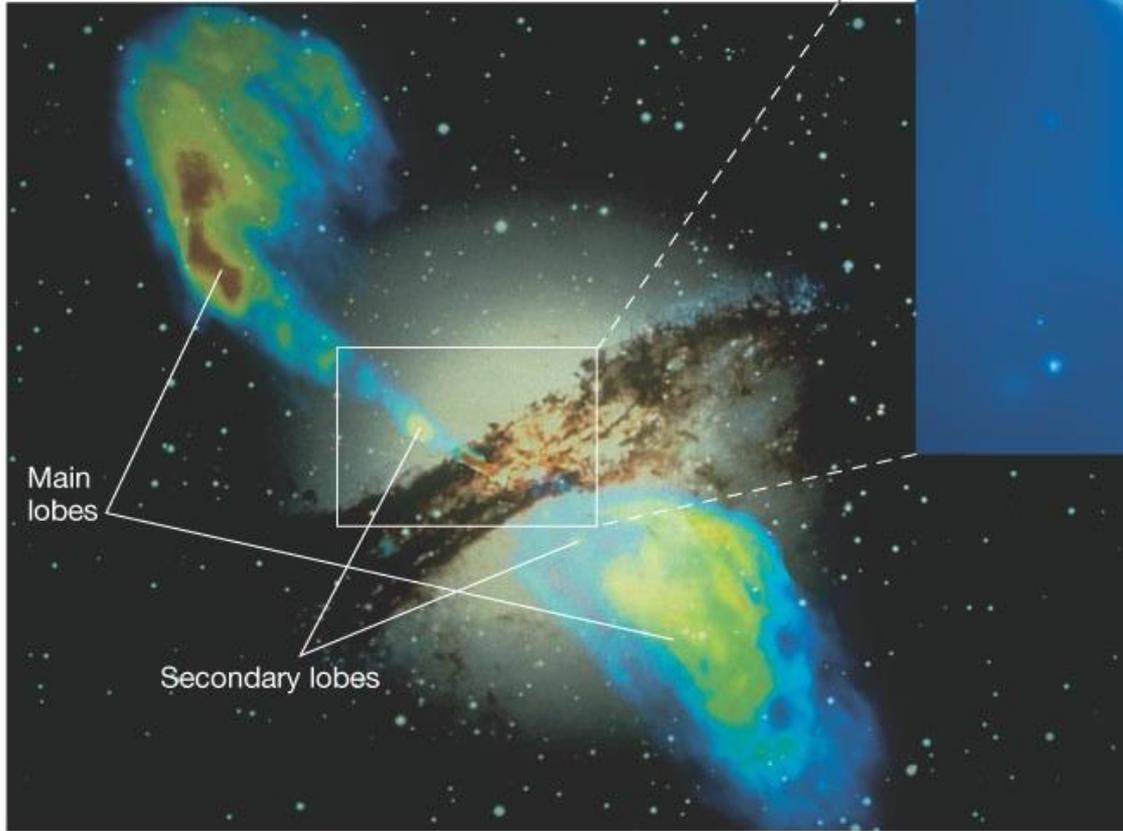
Possuem lóbulos de matéria (nuvens de gás arredondadas) invisíveis aos telescópios ópticos.

Tais lóbulos são \approx perpendiculares à banda de poeira.

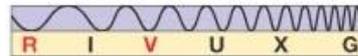
A energia em rádio é emitida através dos lóbulos!

RÁDIO Galáxias

(a)



(b)



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Imagem em raios X indica que as partes mais internas, próximas ao centro de origem dos jatos, emitem em alta energia

RÁDIO Galáxias

Observadas a distâncias bem maiores do que as galáxias normais brilhantes

- **associadas geralmente a galáxias elípticas**

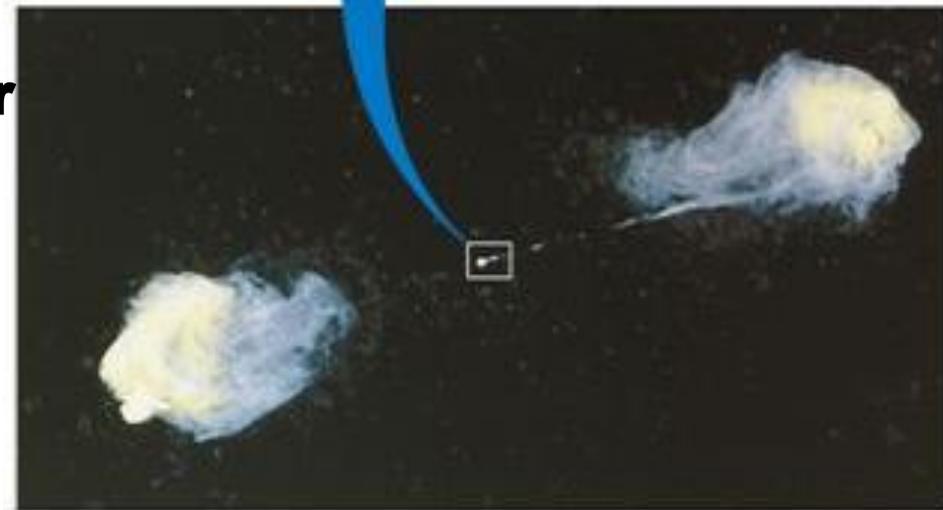
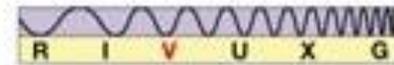
**Energia do jato pode alcançar
~ 10^{35} W
250 milhões L_{\odot}**

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

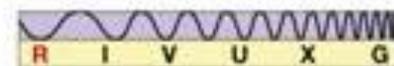
Cygnus A – 250 Mpc da Terra



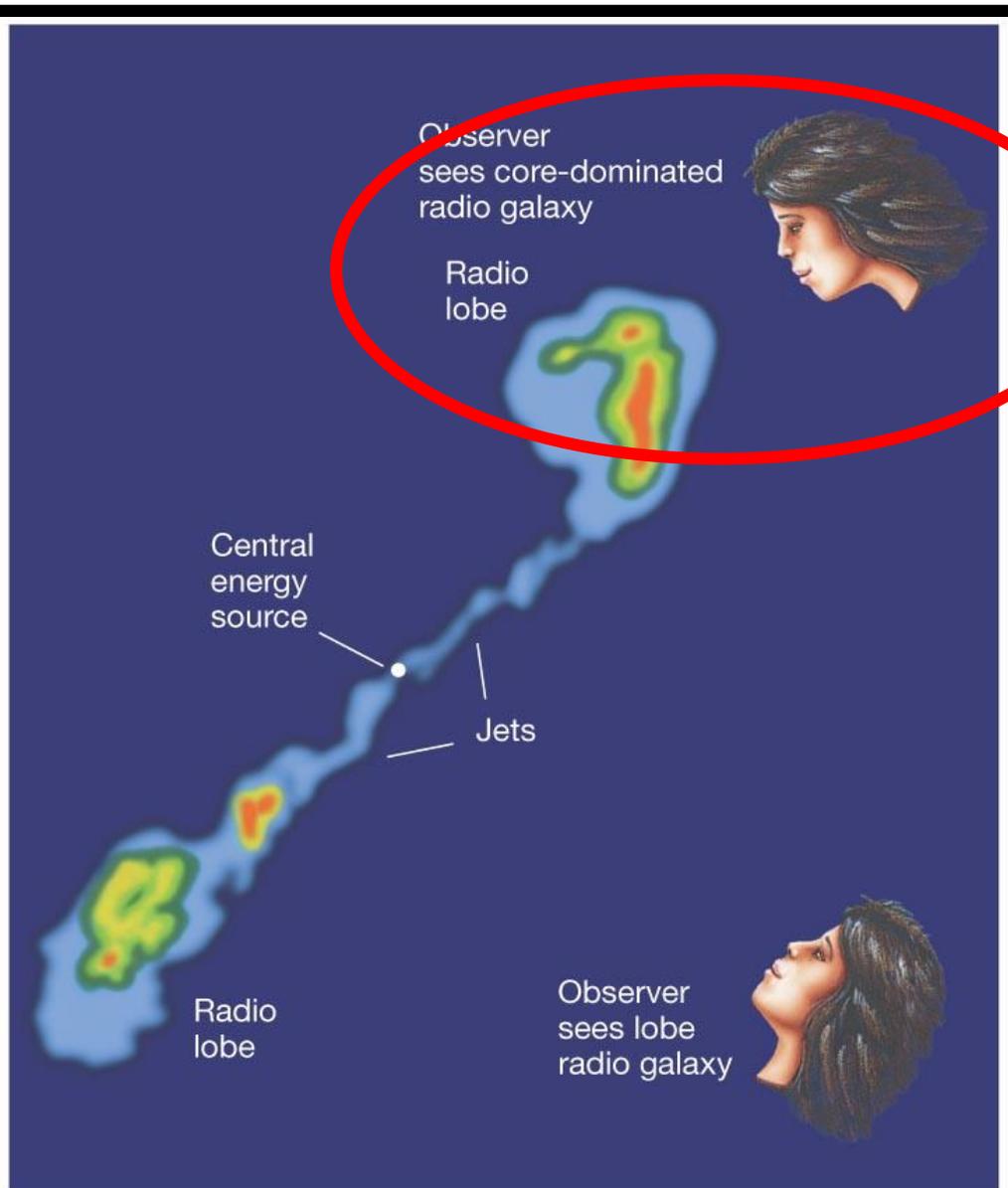
(a)



(b)



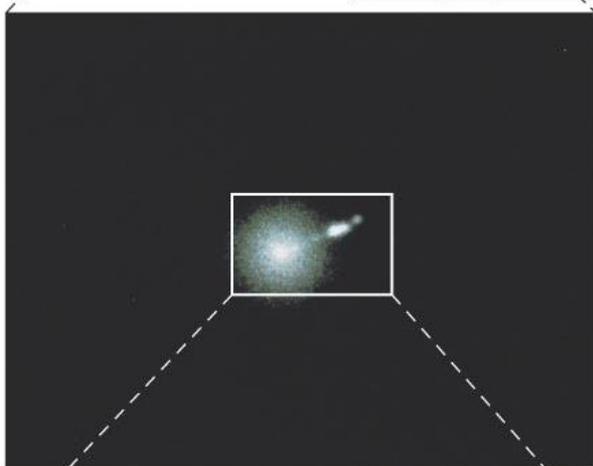
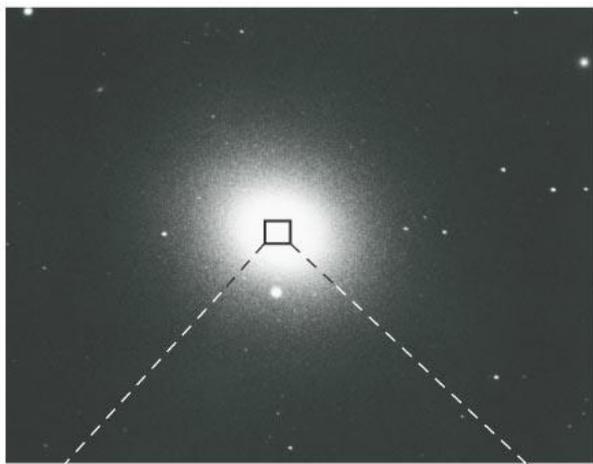
Dependendo do ângulo pode-se ver os lóbulos ou não.



Blazar = quando observamos um lóbulo de frente

por efeito Doppler observamos a radiação na forma de raios-X ou gama

M87 – galáxia elíptica gigante



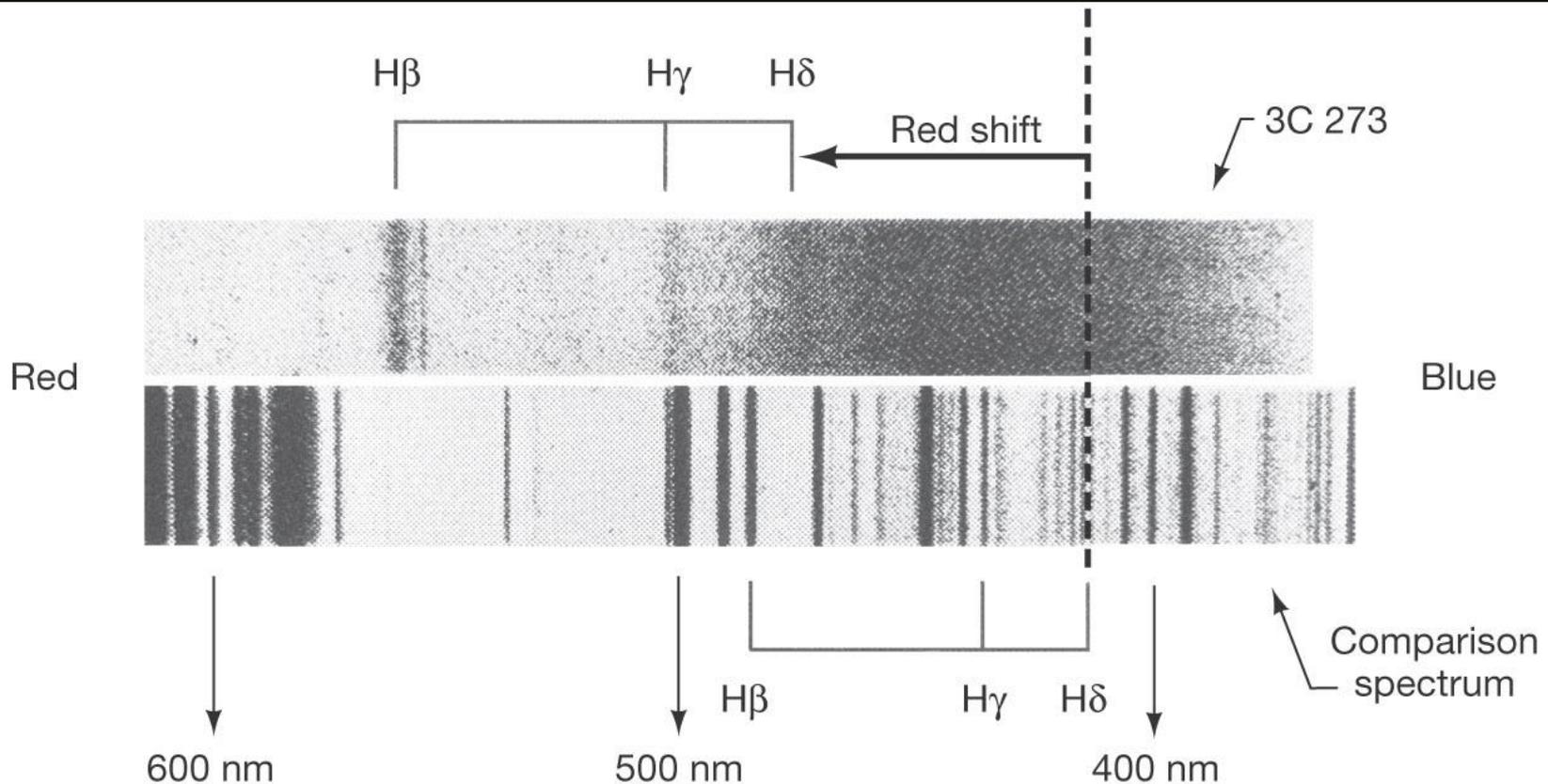
Muitas galáxias ativas tem jatos, e a maioria mostra sinais de interação entre outras galáxias.

QUASARES



**Quasi-stellar objects : aparência de estrela,
mas espectro incomum**

Depois observou-se que o espectro não era incomum e sim que as linhas espectrais eram enormemente deslocadas para o vermelho (redshift).



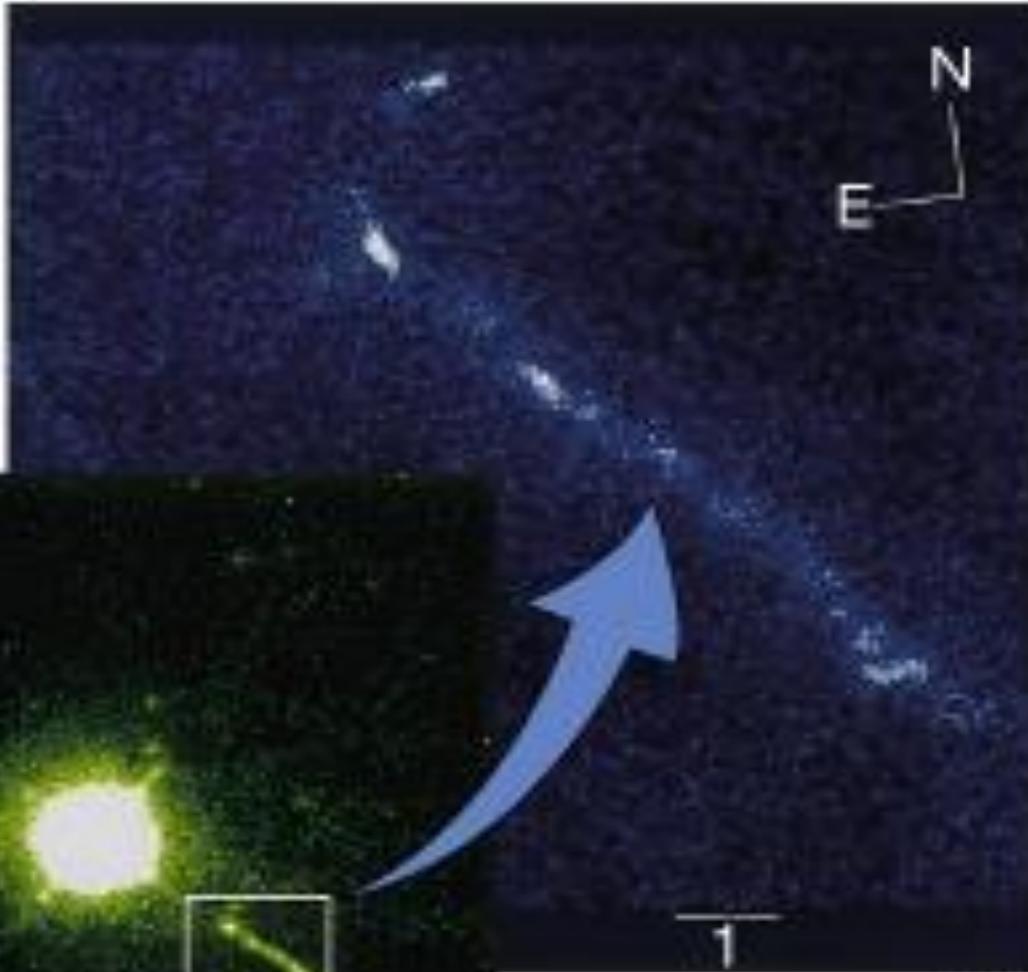
Indicativo que estes objetos podem encontrar-se a distâncias muito maiores do que todas as galáxias visíveis

**ULAS J1120+0641 , o quasar é observado tal como era há 770 milhões de anos após o big-bang .
Levou 12.9 bilhões de anos para que a luz emitida por ele nos alcançasse.**

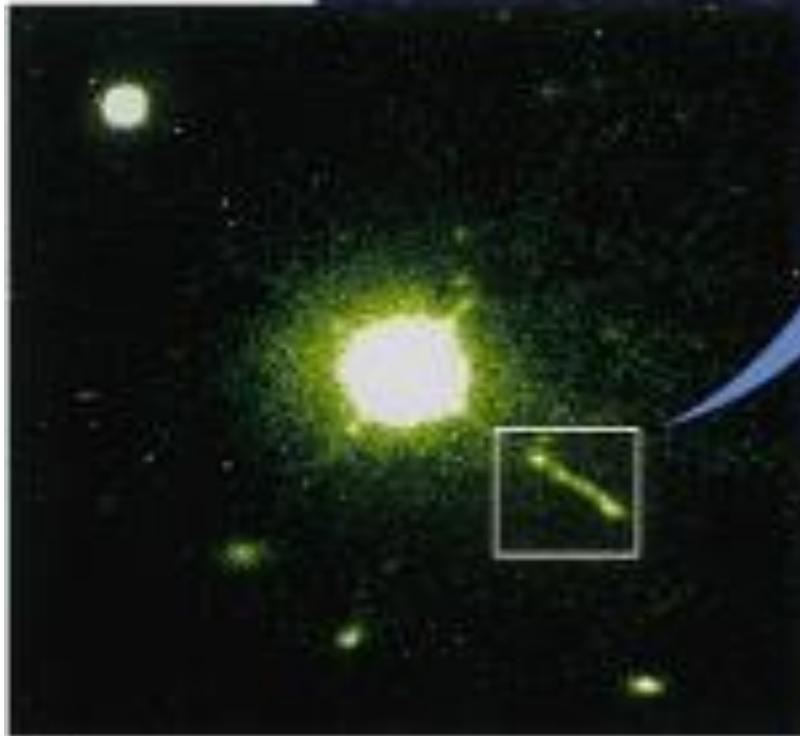


quasar 3c 273

Contém jatos que atingem 30 kpc em extensão

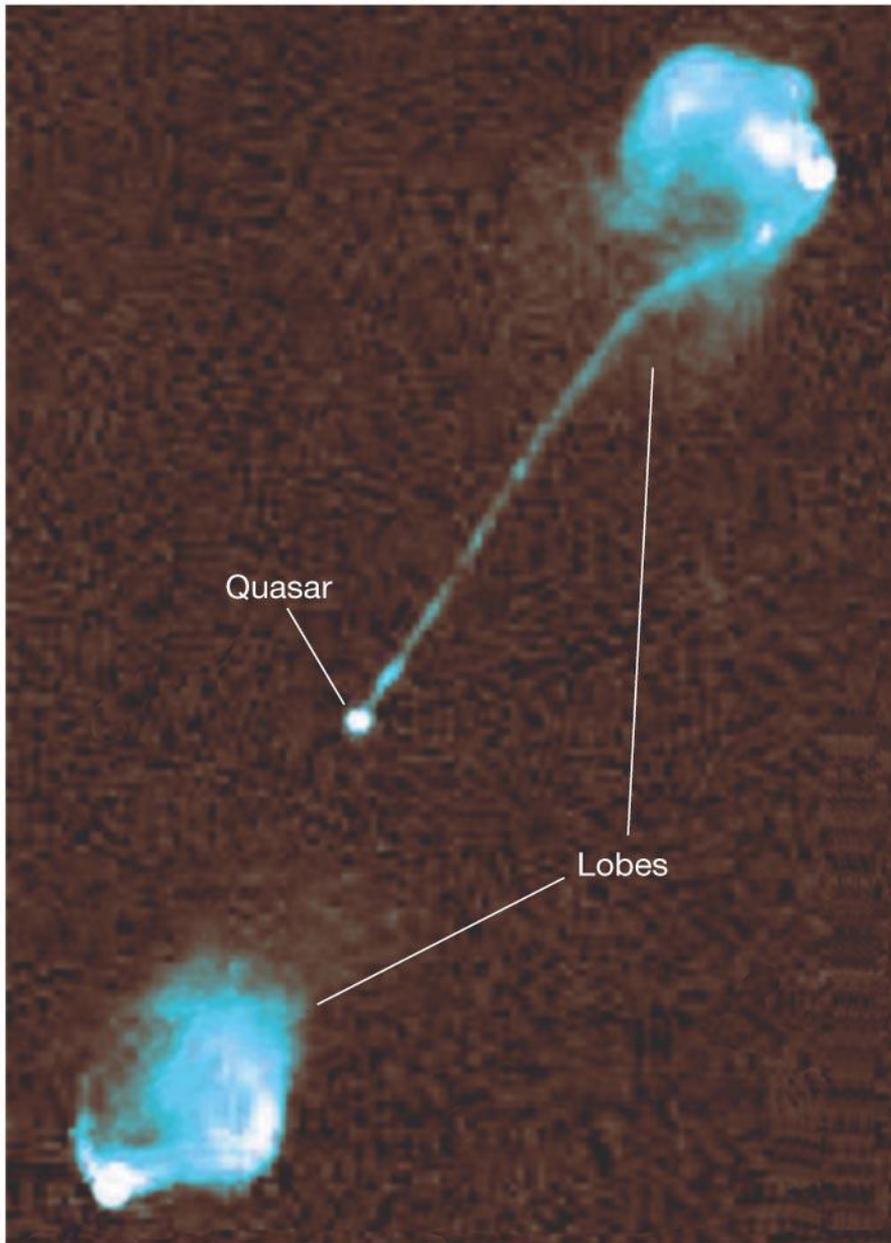


(b)

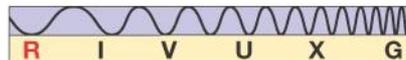


(a)





Quasar 3C175
Lóbulos de 1Mpc de tamanho.

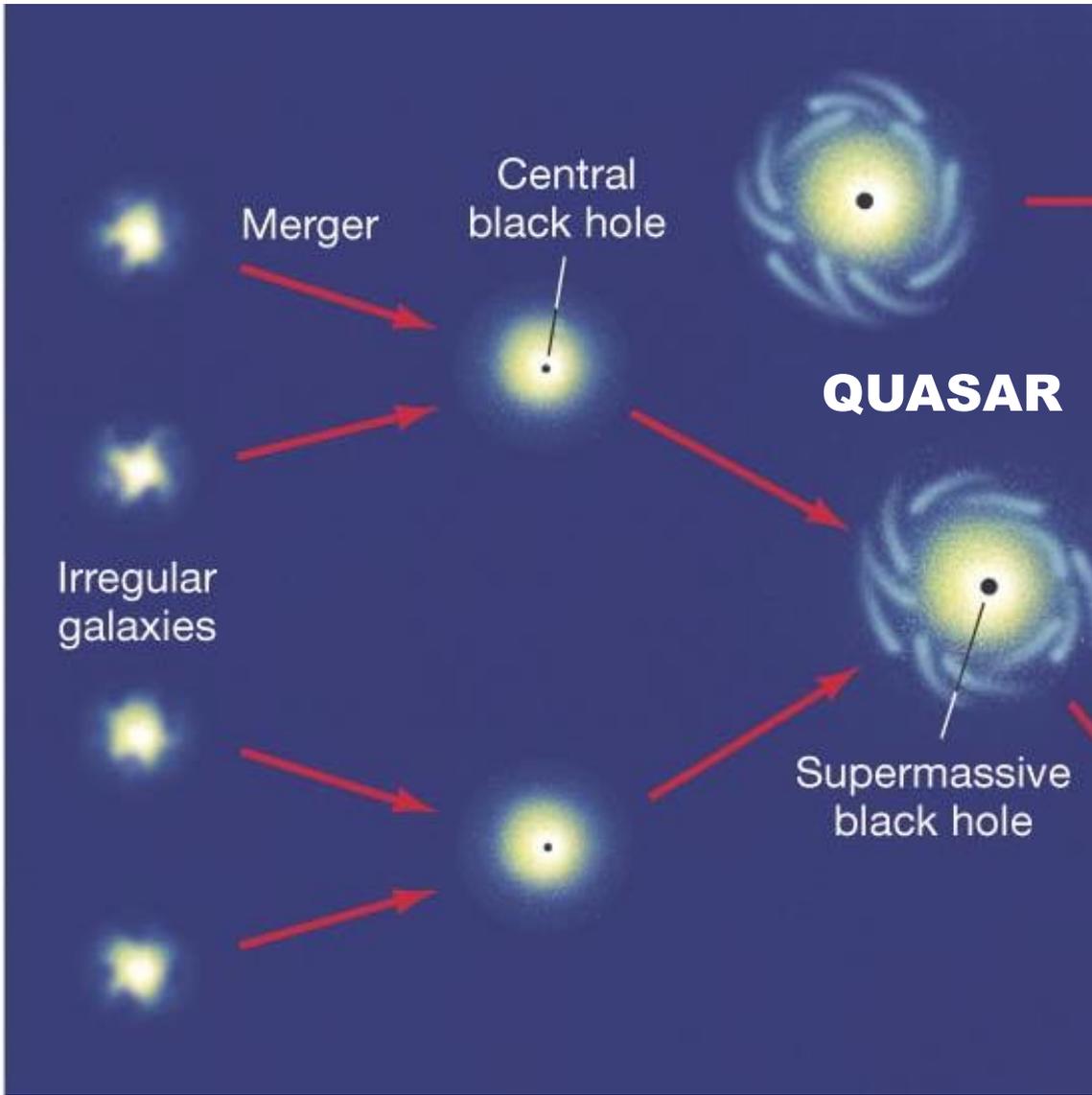


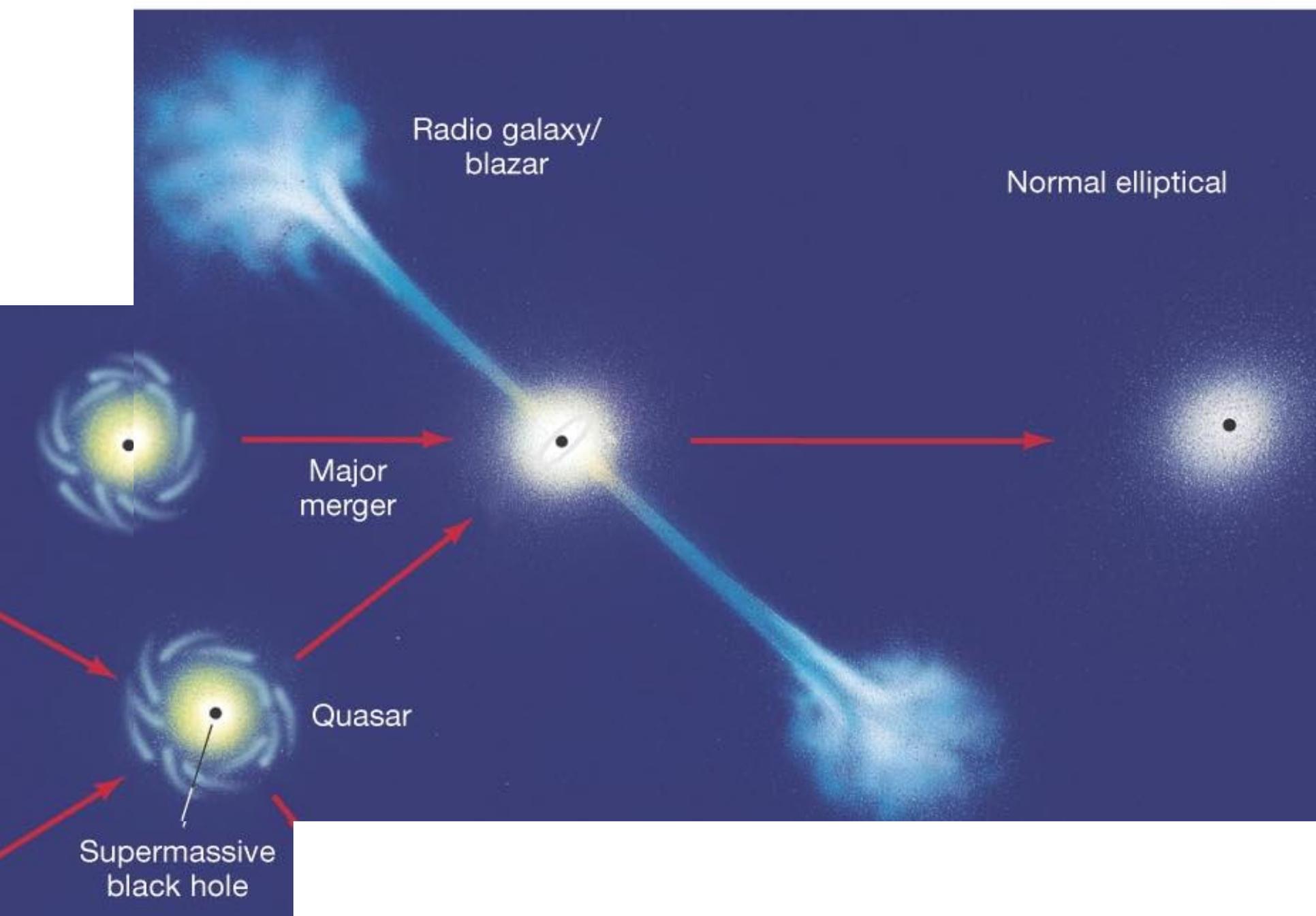
QUASARES TEM PROPRIEDADES PARECIDAS COM RÁDIO-GALÁXIAS

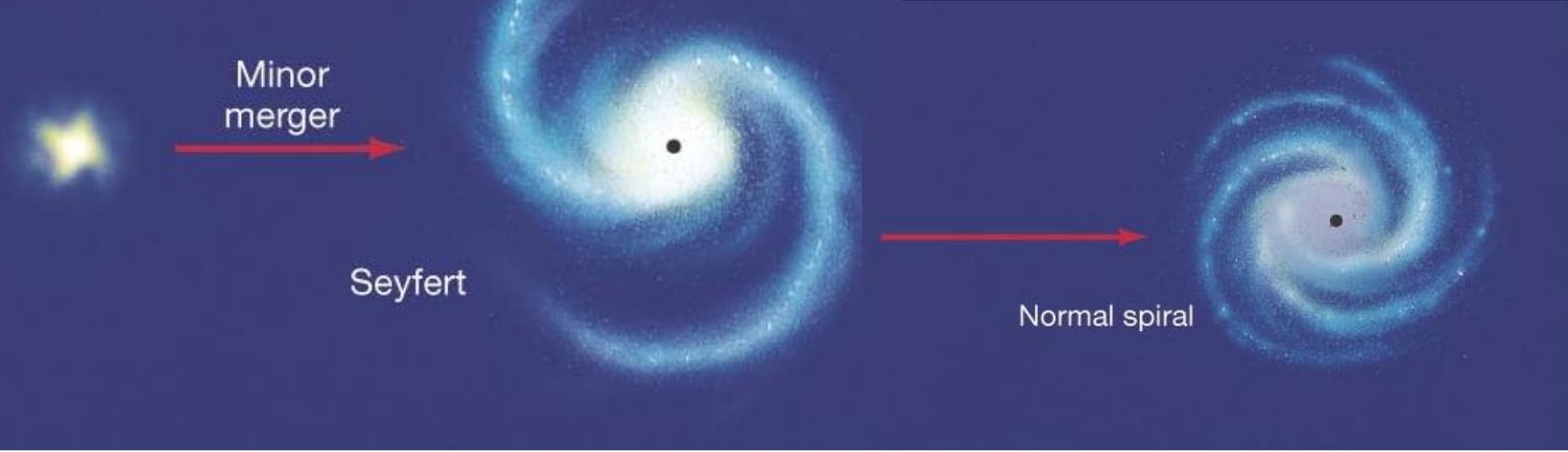
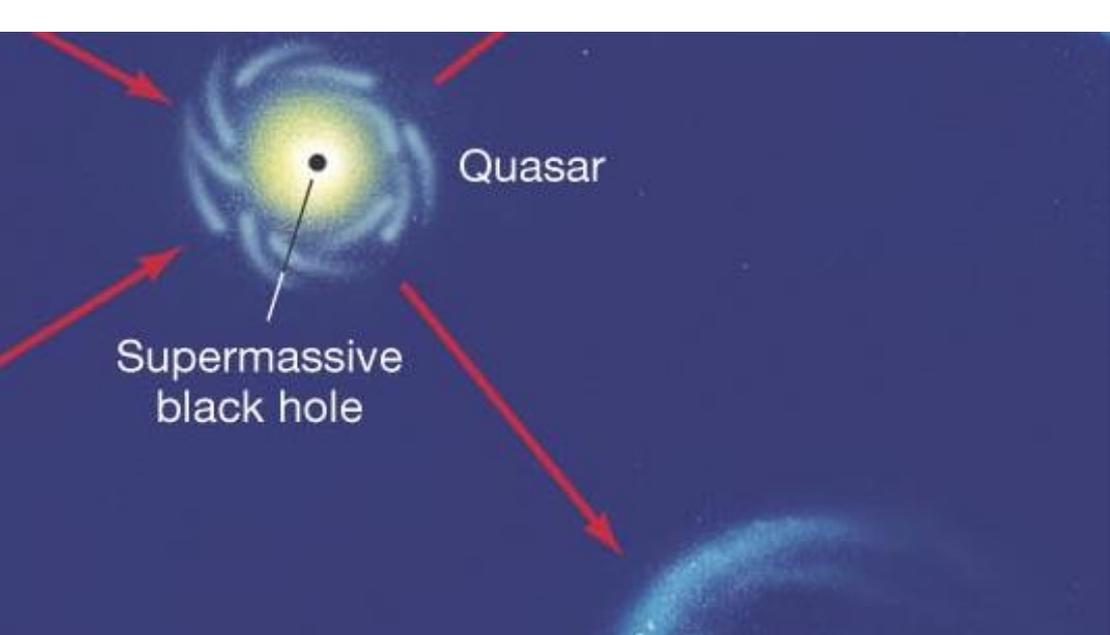
IMPORTANTE:

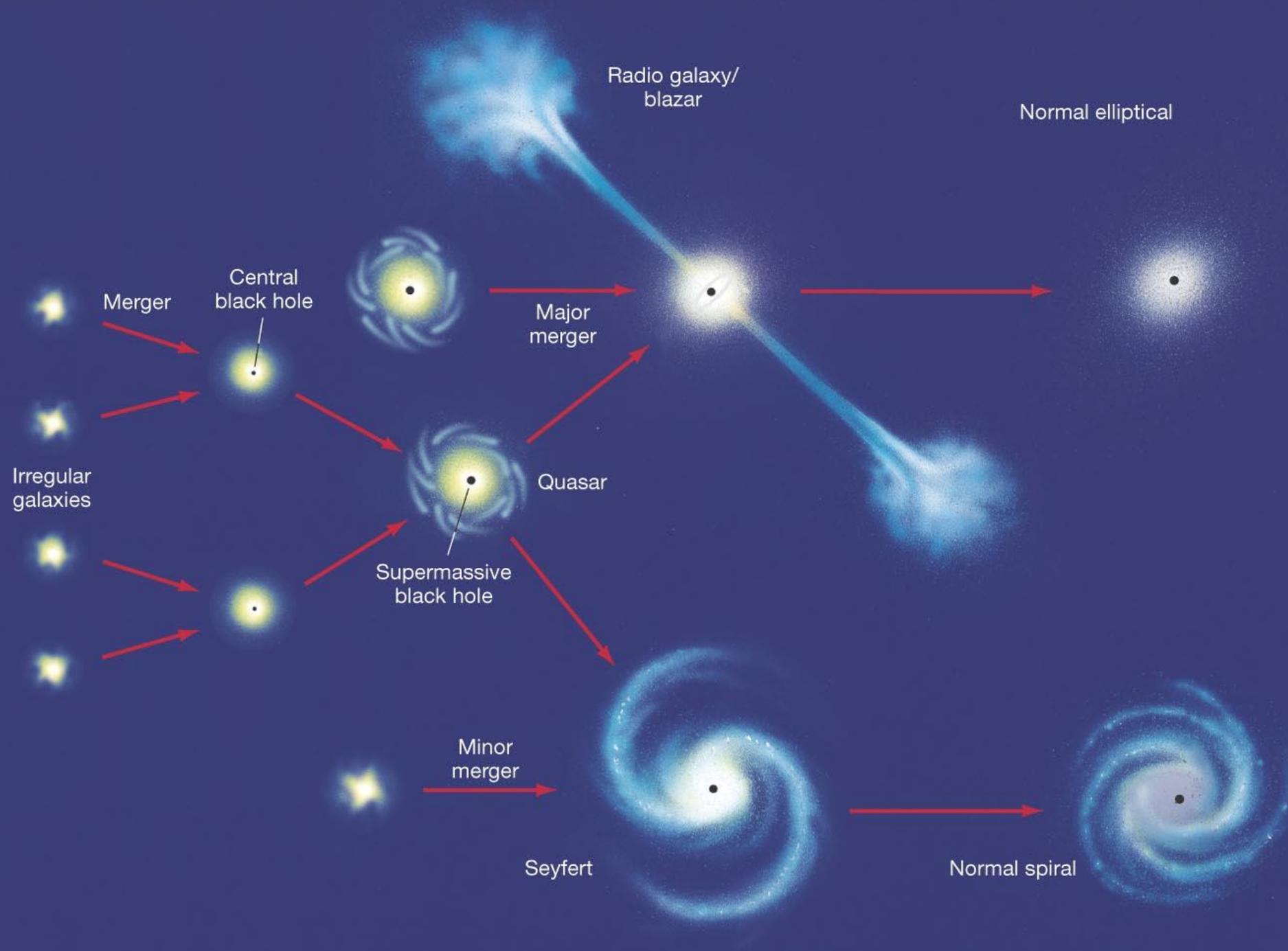
PODE REPRESENTAR UMA SEQUÊNCIA EVOLUTIVA:

QUASAR - GALÁXIAS ATIVAS - GALÁXIAS NORMAIS







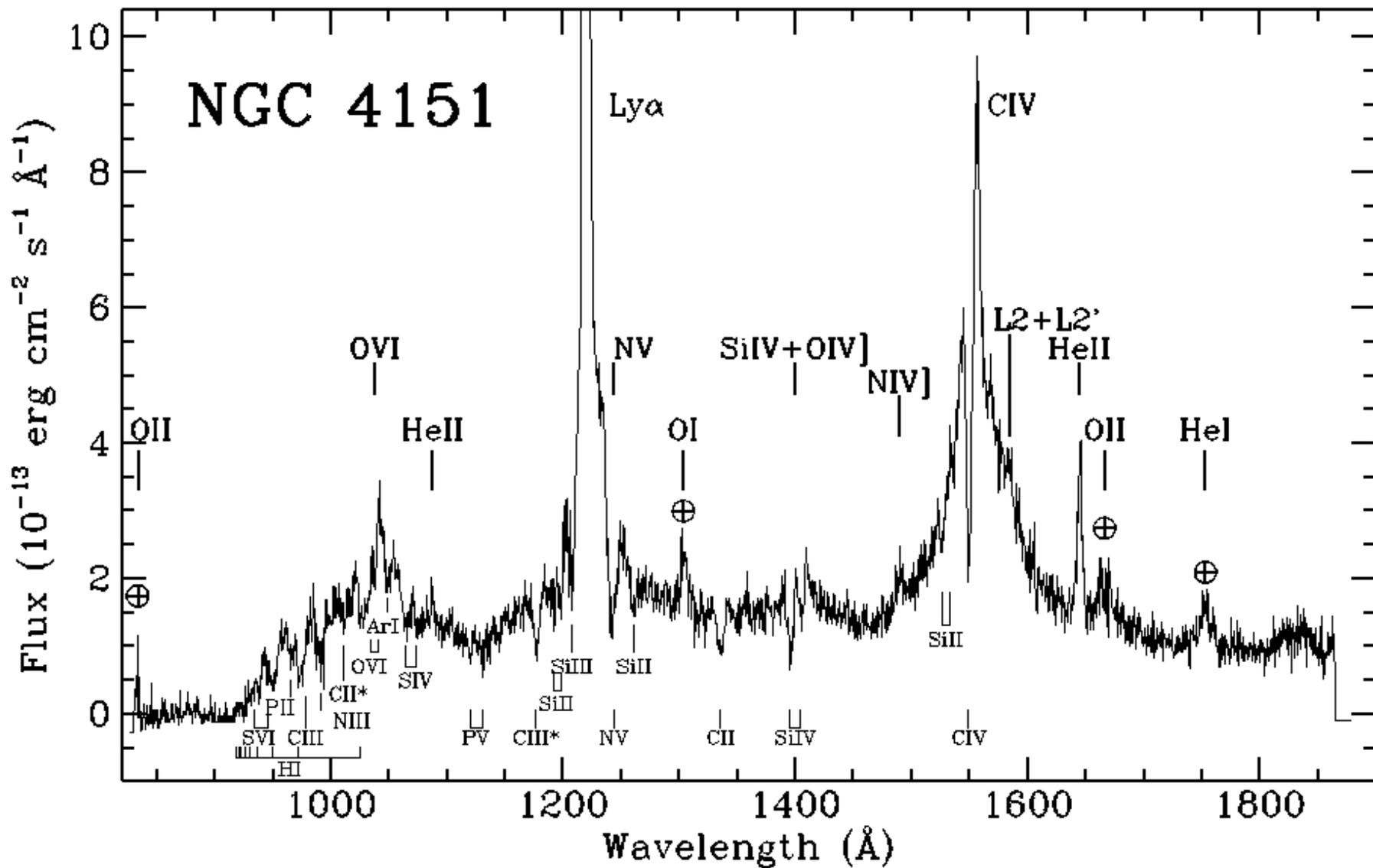


NATUREZA DA ATIVIDADE

PROPRIEDADES OBSERVADAS DOS NÚCLEOS ATIVOS:

- **ALTA LUMINOSIDADE**
- **EMISSÃO DE ENERGIA NÃO-ESTELAR**
- **VARIAÇÃO DA INTENSIDADE DE ENERGIA, INDICANDO UM NÚCLEO COMPACTO**
- **JATOS E OUTROS INDICADORES DE ATIVIDADE DE ALTA ENERGIA**
- **LINHAS ESPECTRAIS DE EMISSÃO ALARGADAS, INDICANDO ROTAÇÃO RÁPIDA**

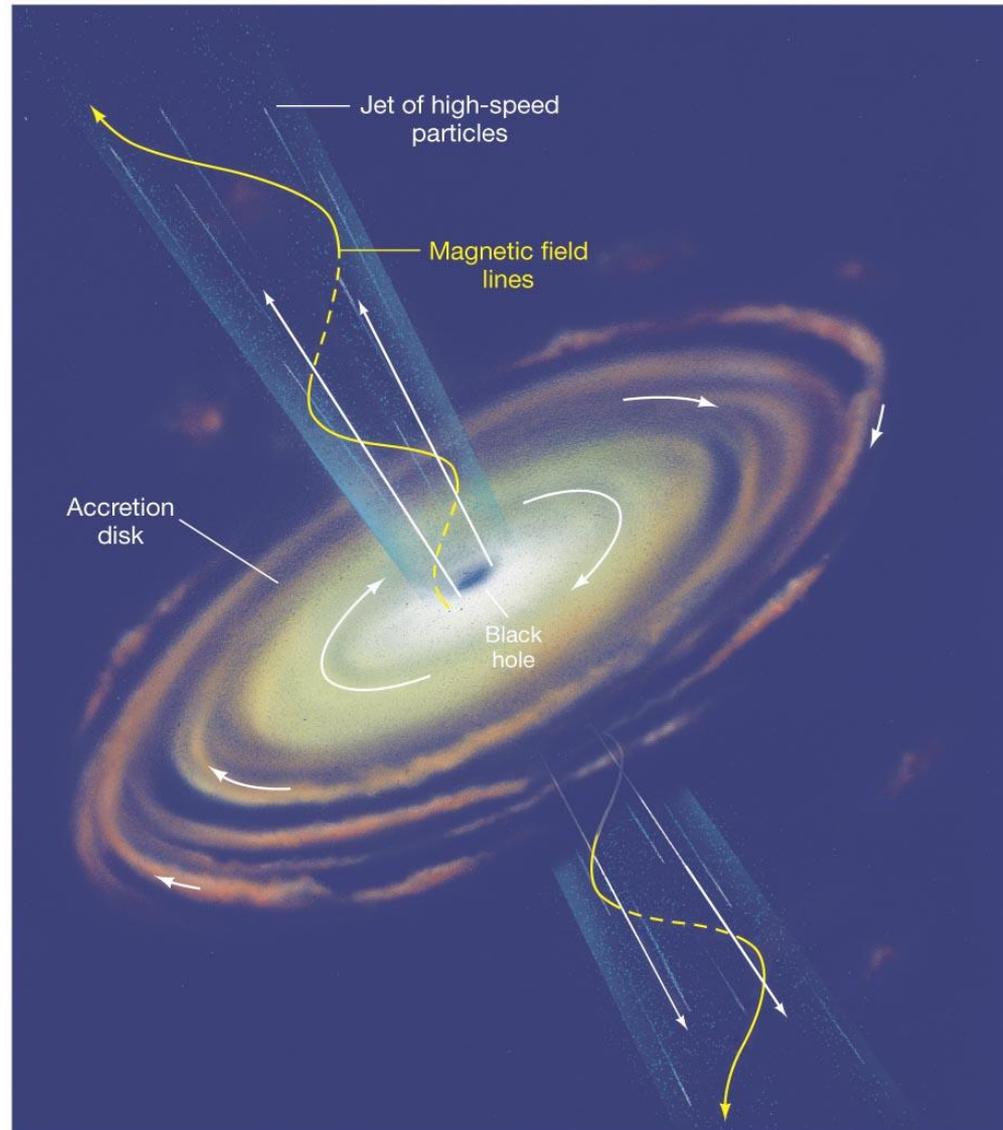
ESPECTRO DE UMA GALÁXIA ATIVA



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

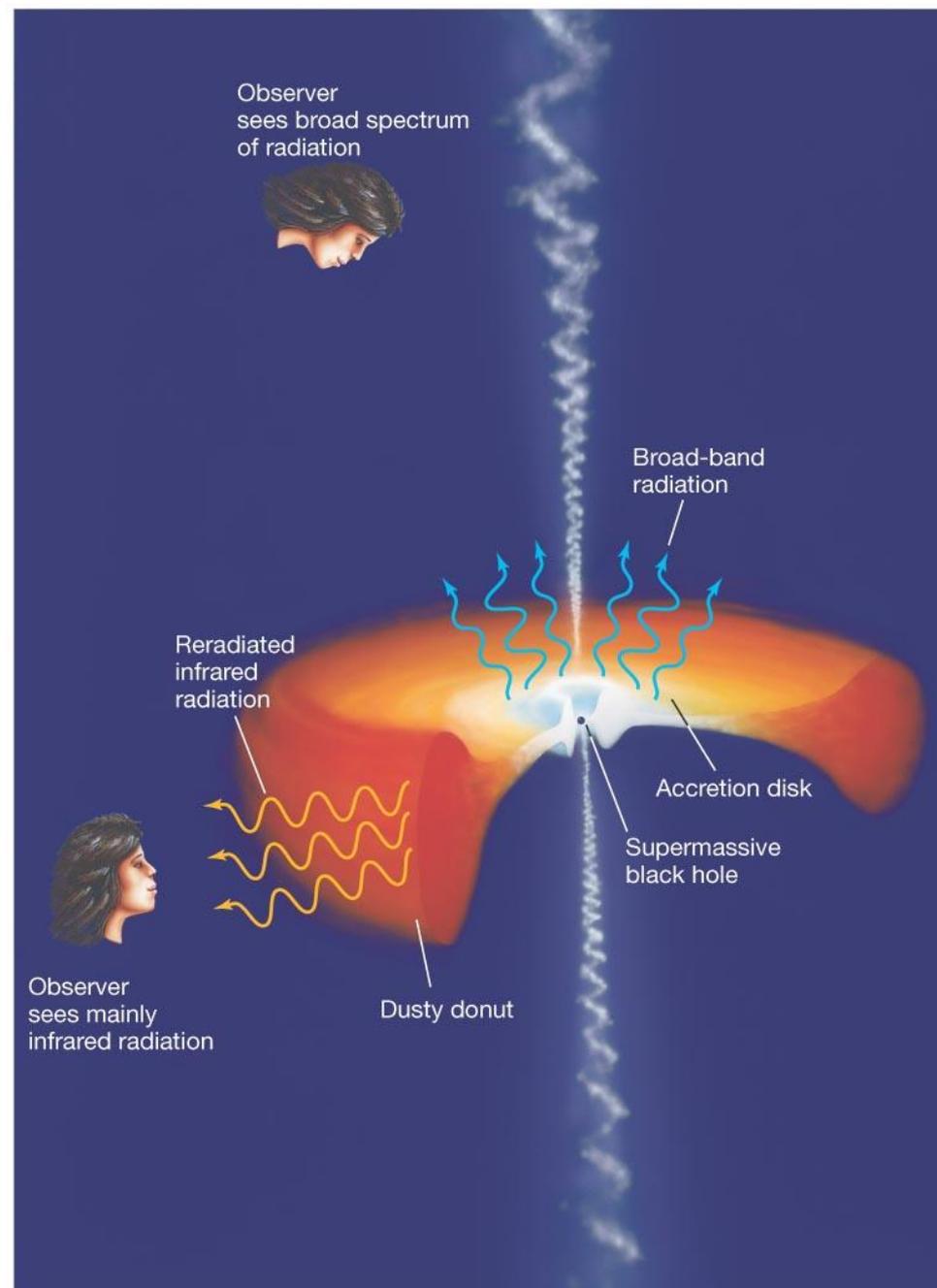
Um buraco negro central supermassivo (**nas galáxias ativas, o buraco negro central pode atingir bilhões de M_{\odot}**) forma um disco de matéria ao seu redor, chamado disco de acreção.

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



Radiação é produzida NA PARTE INTERNA DO DISCO DE ACRESÇÃO em raios γ e X, mas pode ser reprocessada nas nuvens densas de gás ao redor do buraco negro e reemitida em comprimentos de onda maiores.

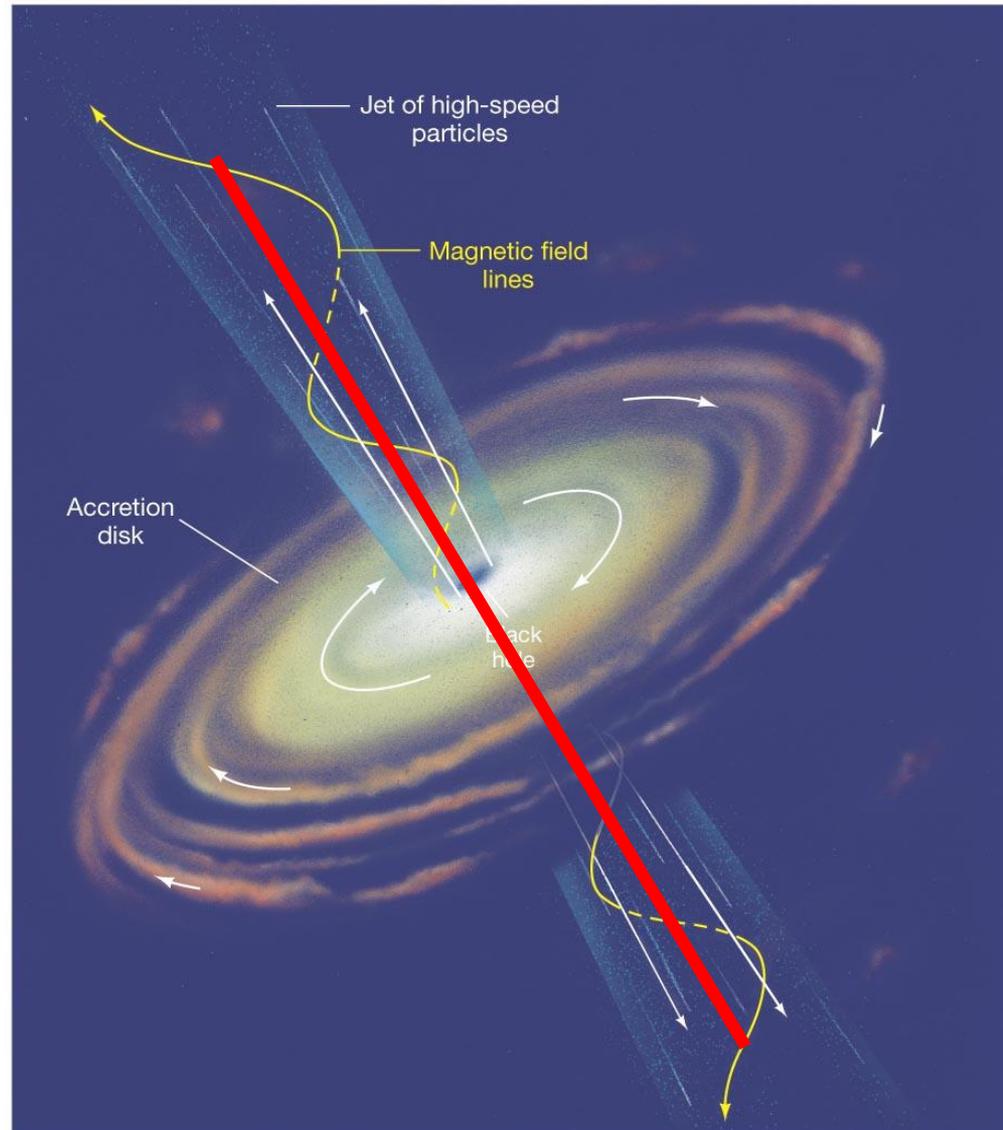
Dependendo da linha de visada, pode-se observar a radiação vinda no núcleo em comprimentos de onda mais curtos ou mais longos



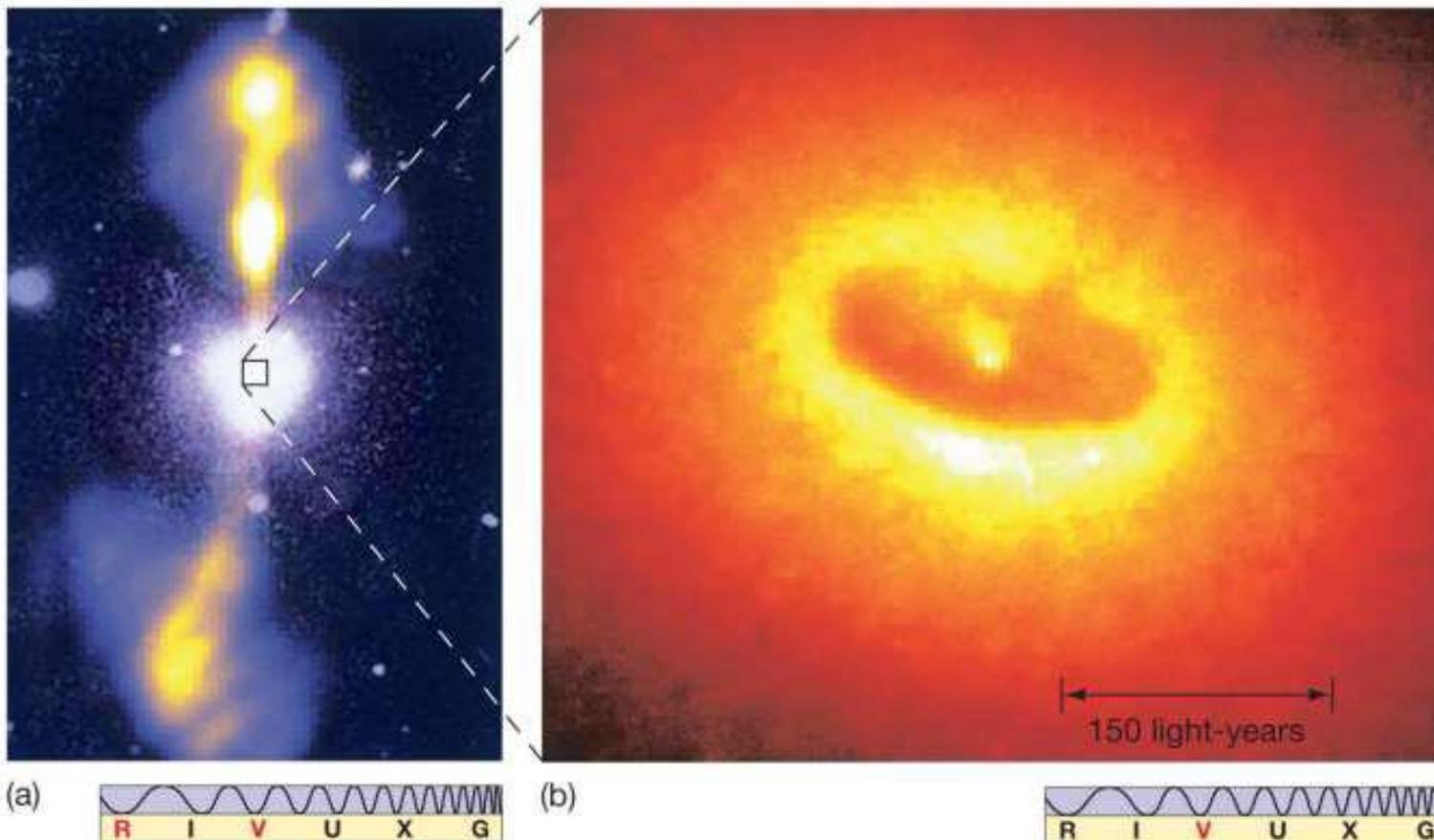
TEORIA MAIS ACEITA

Jatos de gás de alta velocidade são formados perpendicularmente ao disco de acreção, formando os LÓBULOS OBSERVADOS em muitos objetos ativos.

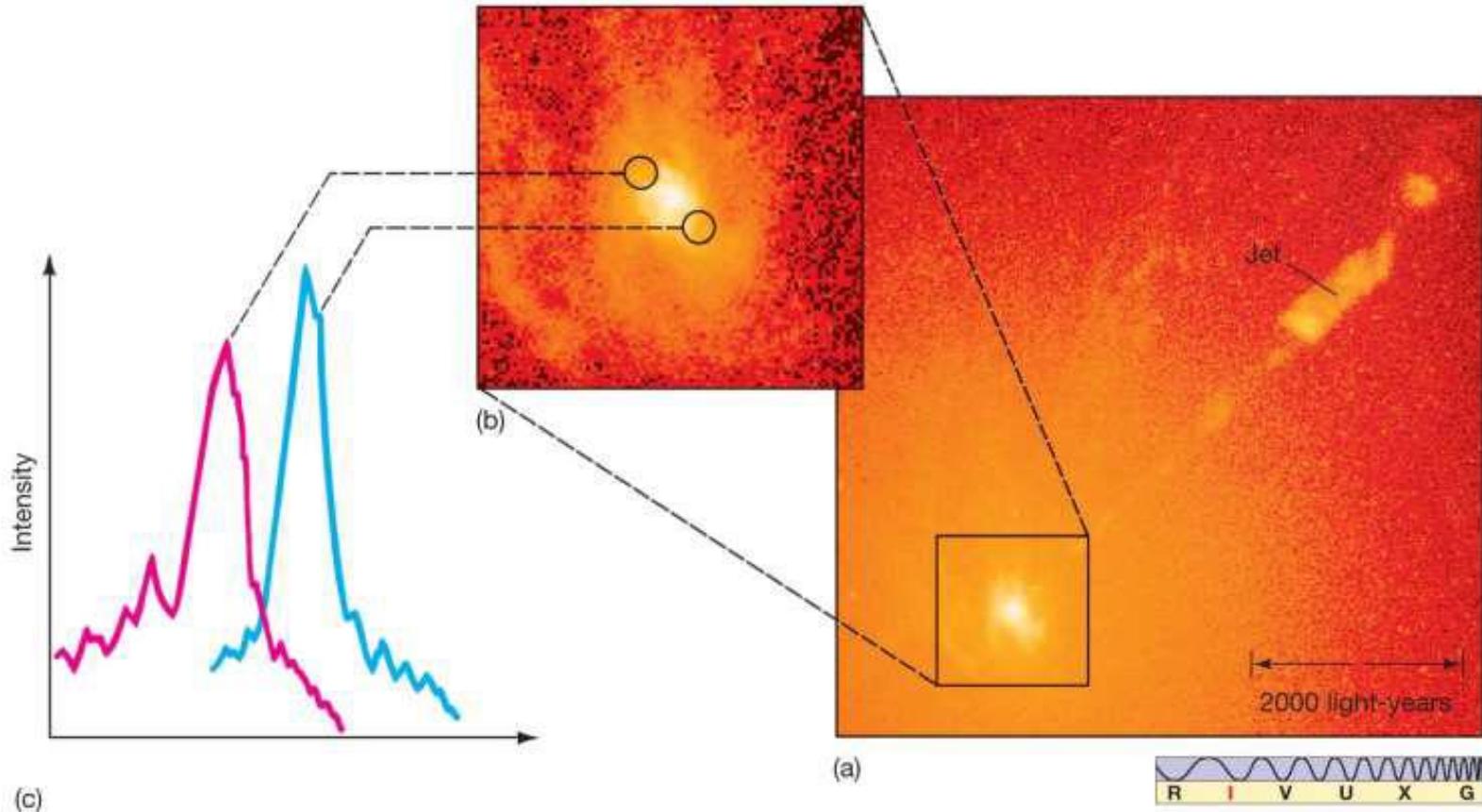
Linhas de campo-magnético são estreitadas ao longo do jato. Partículas carregadas percorrem as linhas de campo magnético, produzindo a radiação não-estelar observada.



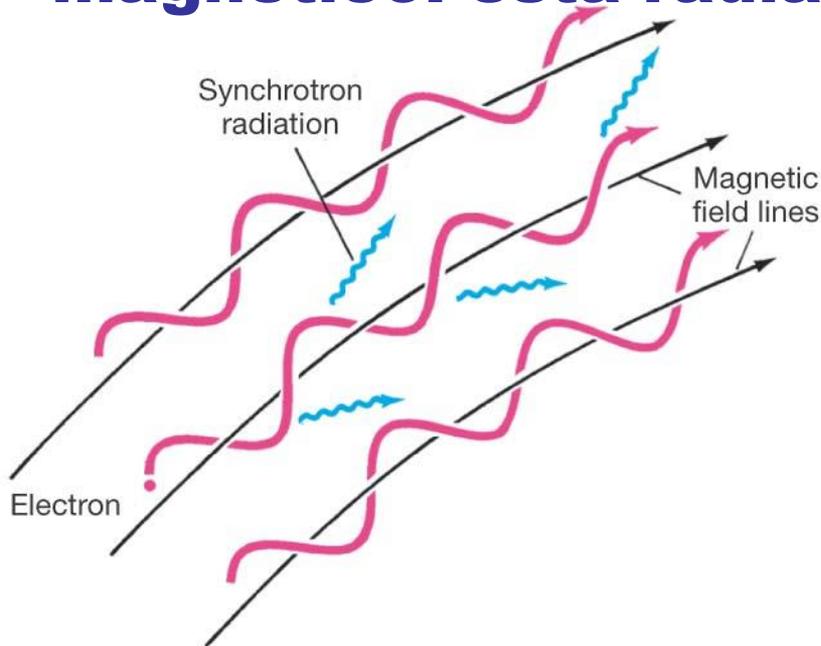
Evidência de um buraco negro no centro da radio galáxia NGC 4261



Centro da elíptica gigante M87 mostrando movimento rápido e jatos, característicos de um material rotando em torno de um buraco negro

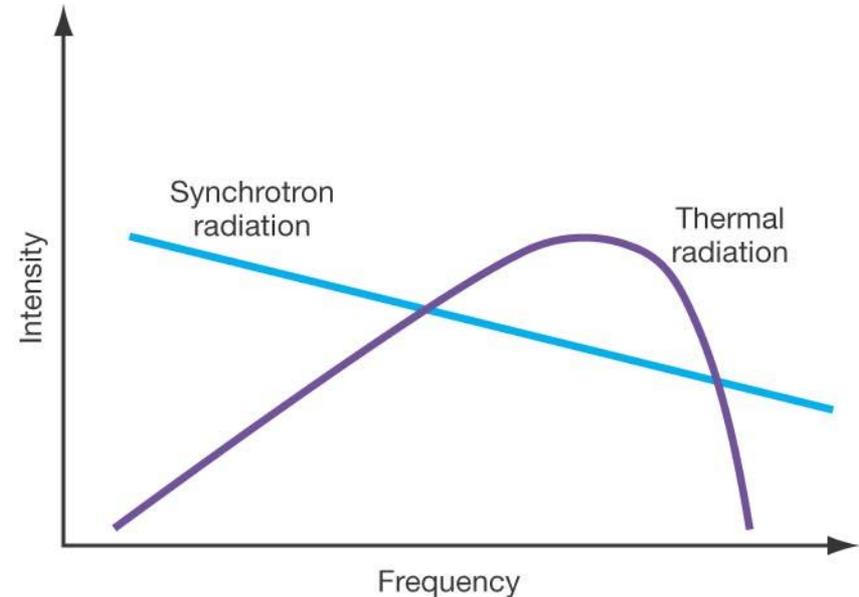


Partículas emitem radiação synchrotron a medida que elas espiralam ao longo das linhas de campo magnético: esta radiação é não-estelar.



(a)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.



(b)

Não estelar = não térmica: não é descrita pela curva de corpo negro = não há ligação entre o pico de emissão e a T do objeto.

Radiação synchrotron é mais intensa a baixas frequências e não depende da T do objeto emissor [explica a radiação vinda de rádio galáxias e quasares (jatos e lóbulos)].