

AGA 315. Aula 17

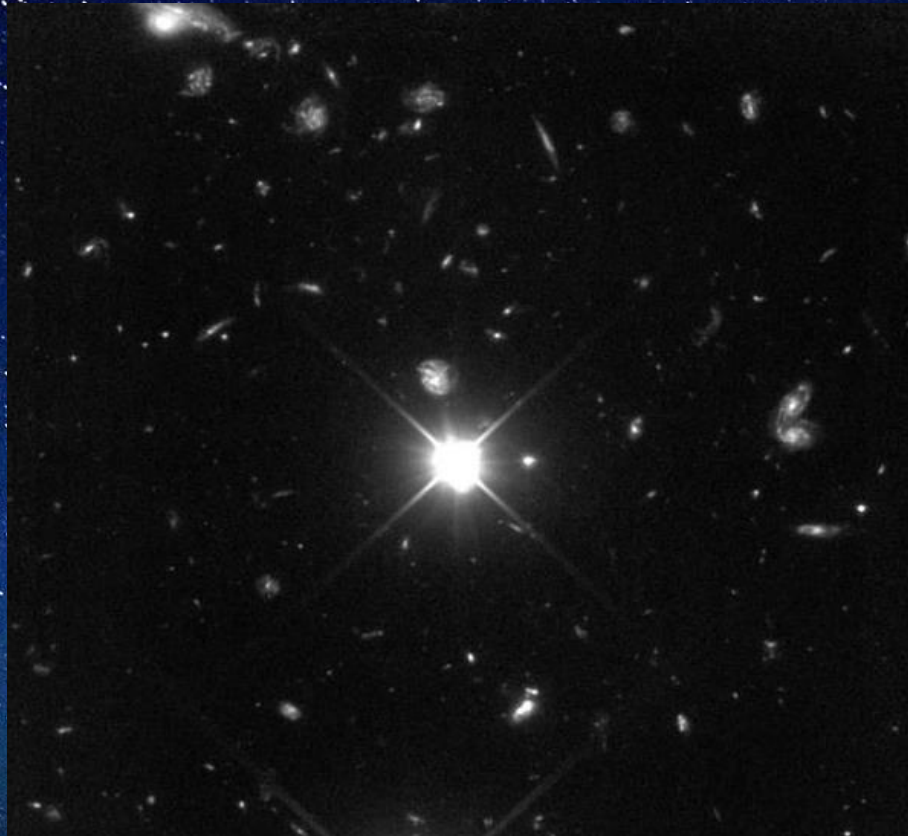
# Núcleos Galácticos Ativos

*J.E. Horvath*

IAG-USP São Paulo, Brasil

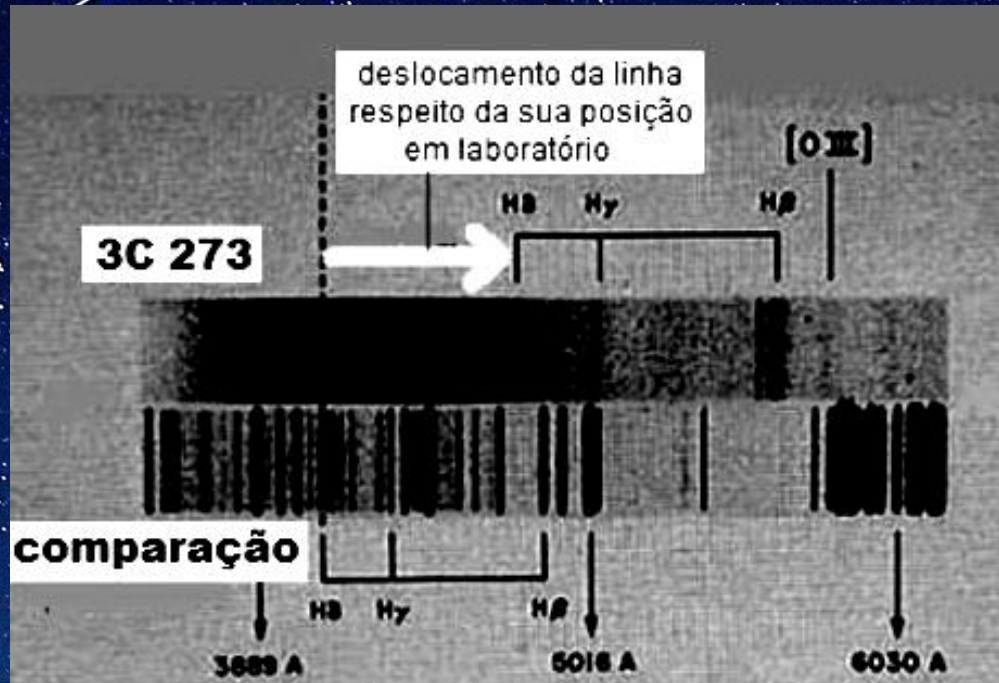


Por volta de 1960, alguns objetos para lá de estranhos começaram a aparecer nos telescópios ópticos...



Com aparência estelar, seus espectros não correspondiam com nada conhecido

## Exemplo de espectro obtido



As linhas largas e muito deslocadas das suas posições originais provocaram um debate intenso a respeito dos Quasi-Stellar Objects (ou quásars)

Slipher (1912) : deslocamento *uniforme* das linhas dos espectros ---> efeito Doppler (depois deu para ver que isto estava errado...)

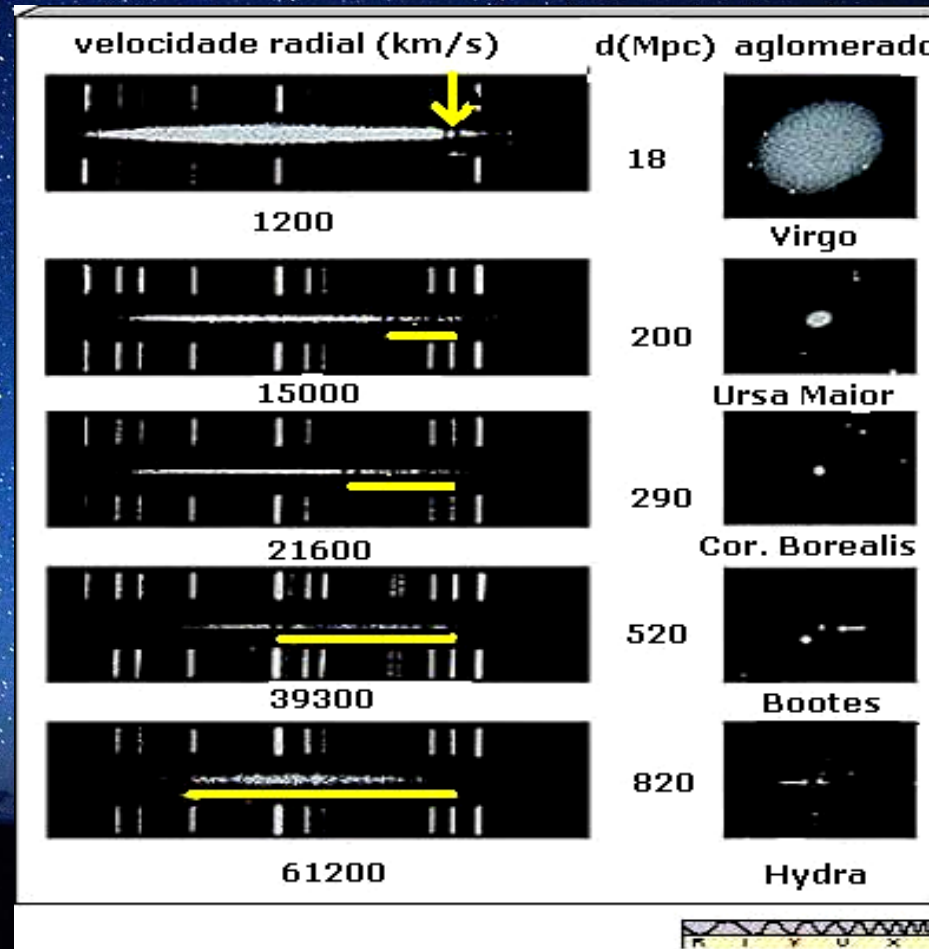
$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Hubble & Humason (1917) :

$$v = Hr$$

(as galáxias se afastam umas das outras!)

Extrapolando a *Lei de Hubble* obtida para galáxias mais próximas, os quasares seriam objetos cosmológicos



## *O motor central...*

Utilizamos a idéia do disco de acreção de S&S, o Teorema do Virial diz que metade da energia gravitacional vai parar em energia cinética (térmica)

$$L = \frac{GM\dot{M}}{2r} = 2\pi r^2 \sigma T^4$$

Assim,

$$T \propto (M\dot{M})^{1/4} r^{-3/4}$$

E finalmente

$$T(r) = \left[ \frac{3GM\dot{M}}{8\pi \sigma R_S^3} \right]^{1/4} \left( \frac{r}{R_S} \right)^{-3/4}$$

A eficiência é alta, boa parte da energia é radiada (note-se que a T é bem menor para os AGNs...)

A eficiência é alta, boa parte da energia é radiada à taxa de Eddington

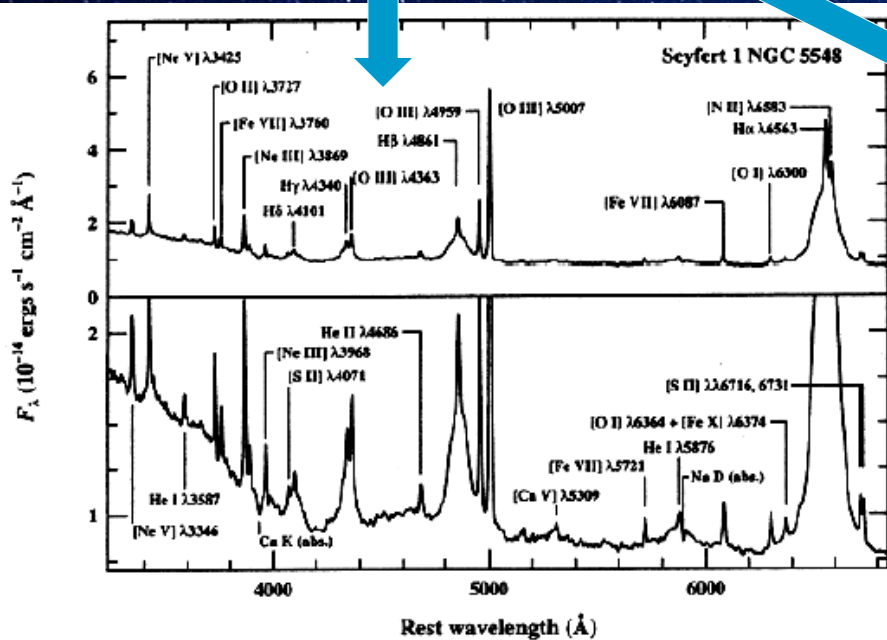
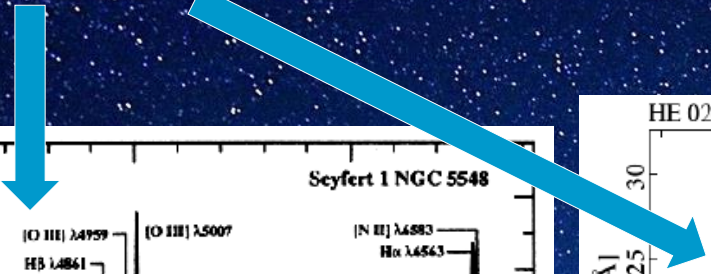
$$L_E = \frac{4\pi GMm_p}{\sigma_T} = 1.3 \times 10^{38} \left( \frac{M}{M_\odot} \right) \text{ erg s}^{-1}$$

Assim, para explicar luminosidades de até  $10^{48} \text{ erg s}^{-1}$  o objeto central deve ser um *BH supermassivo*

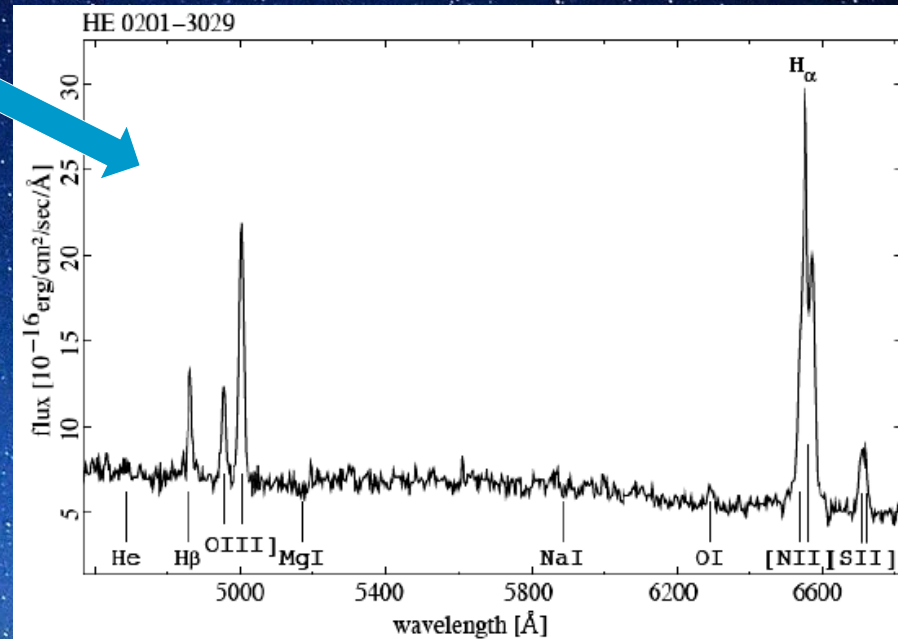
Dois problemas: alguns parecem radiar acima do limite de Eddington e outros não radiam quase nada...

Os tipos básicos são

\* Seyfert 1 e 2 (radio quiet)



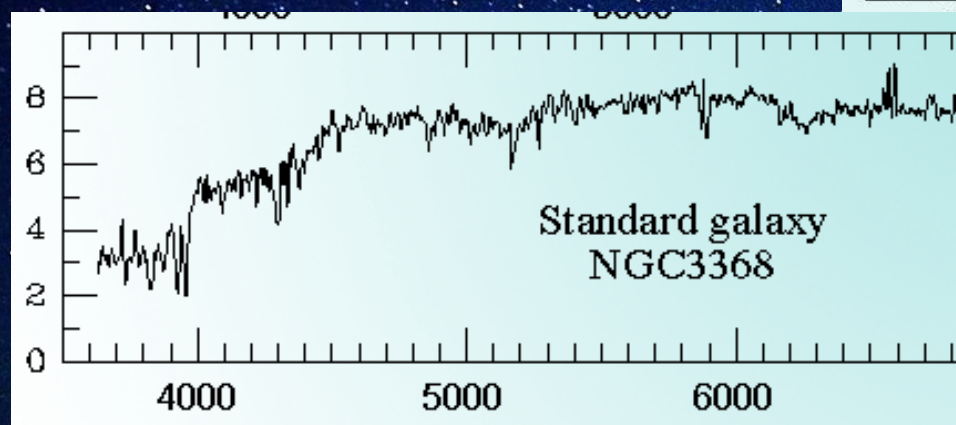
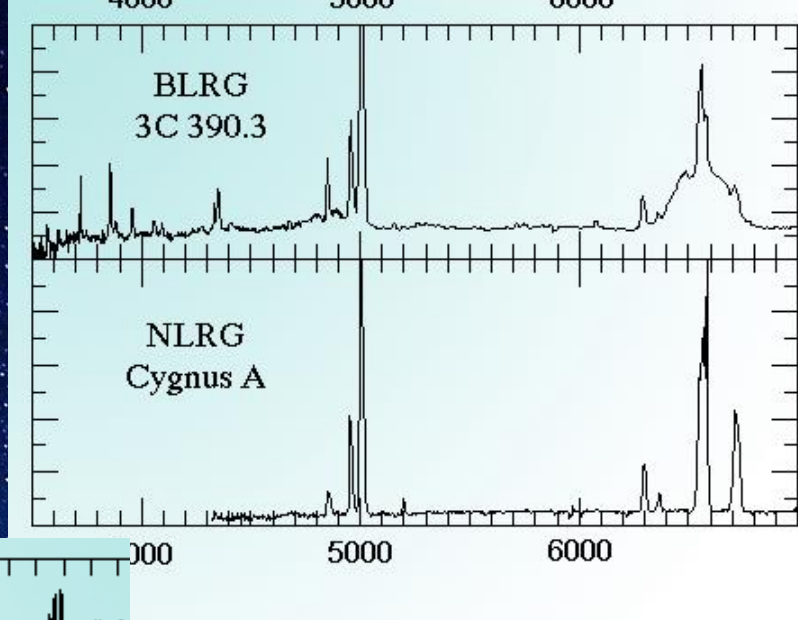
Seyfert 1 spectrum of NGC 5548; Peterson (1997)



Seyfert 2 spectrum of HE 0201-3029; Beckmann & Shriver (2012)

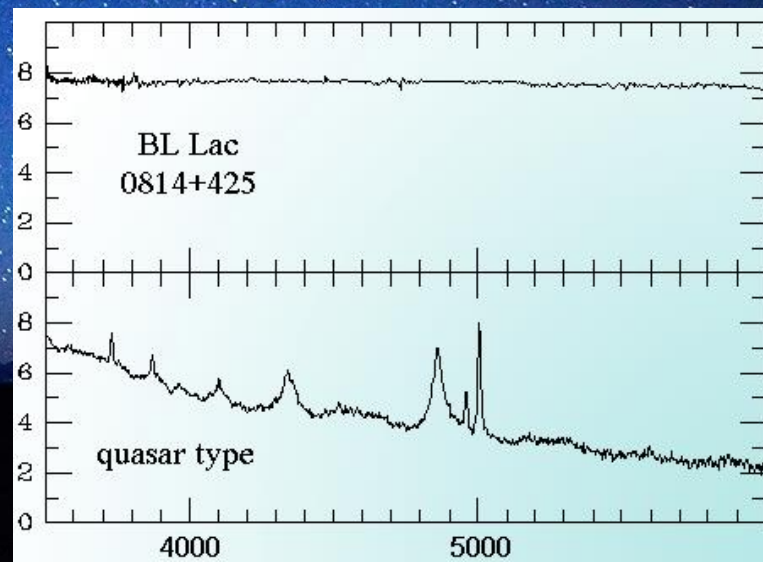
As linhas largas não aparecem !!

\* Fr I e II (radio loud)



•Galáxia normal

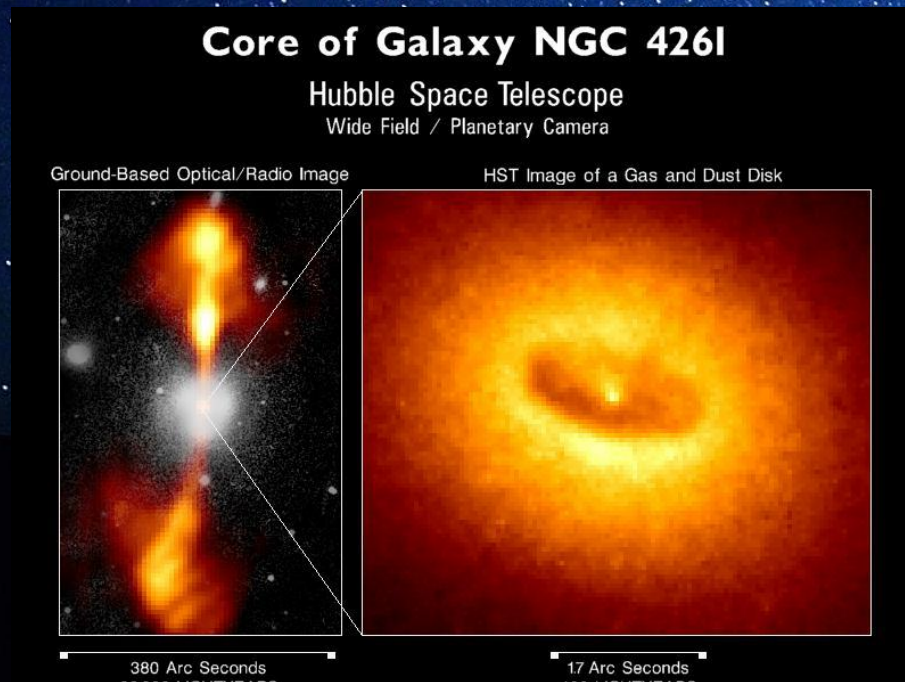
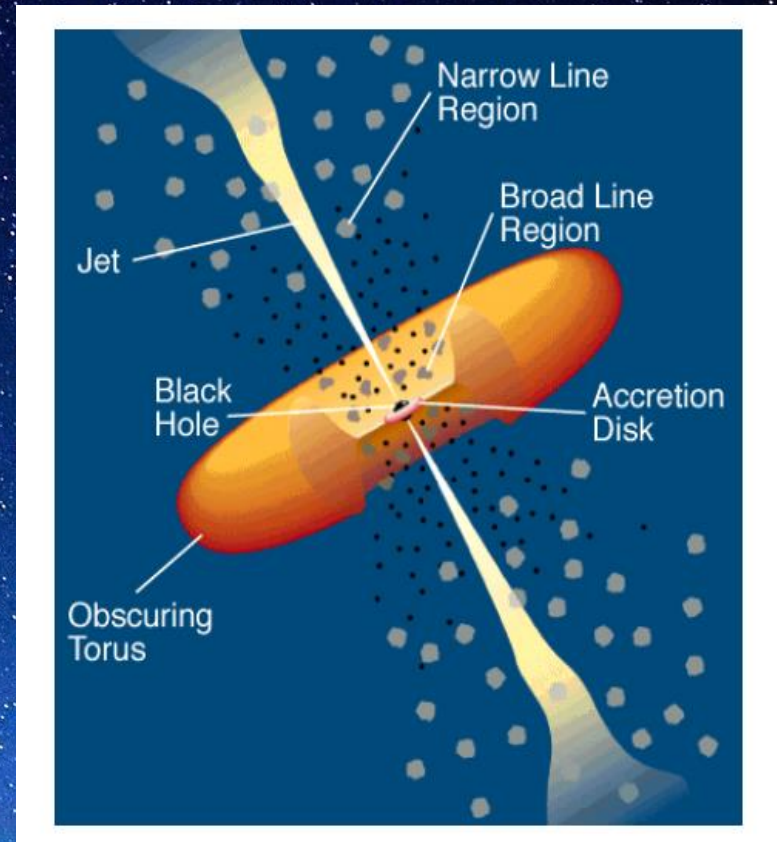
•BL Lac e 3C 48



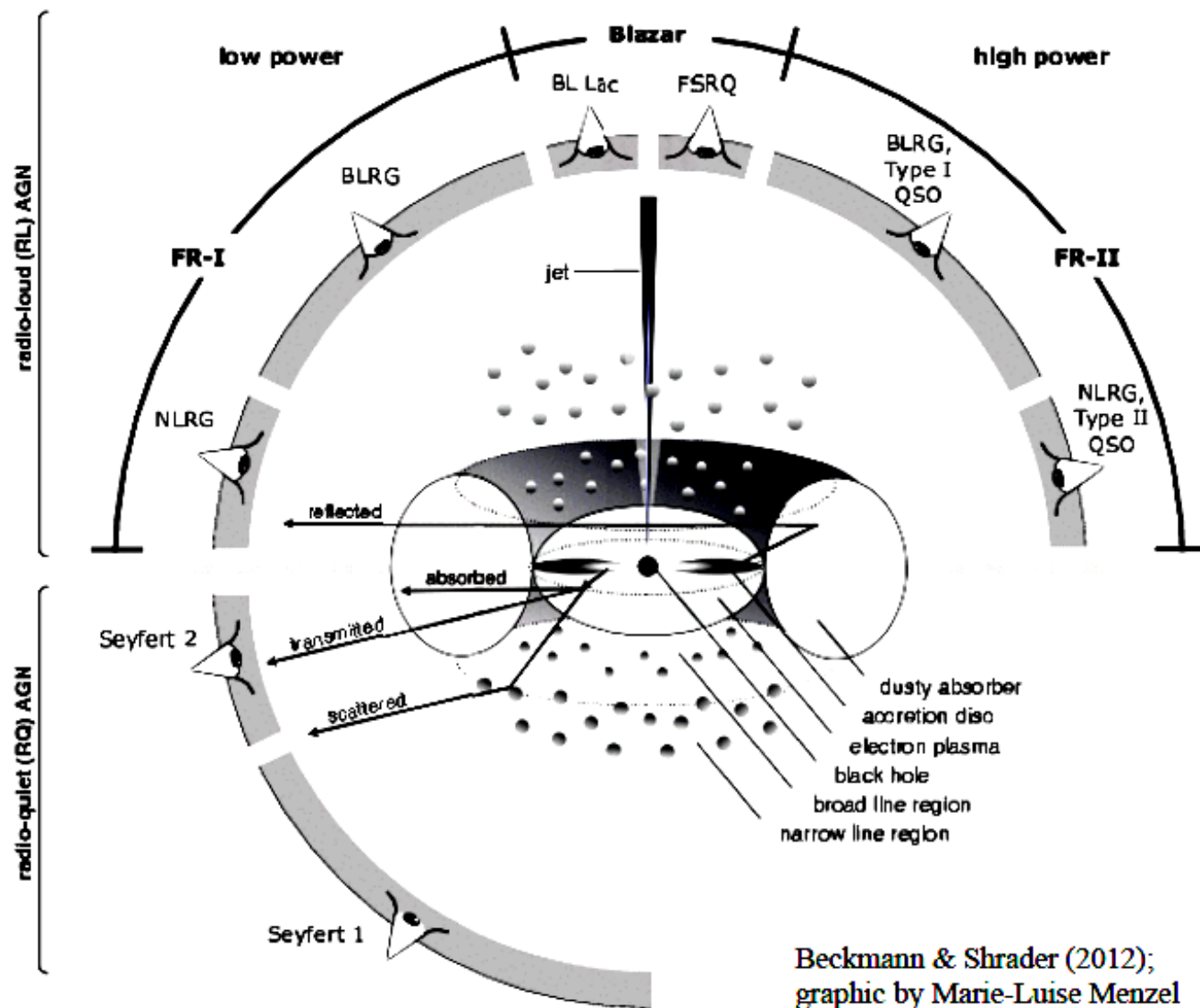


# Podemos construir um modelo único para explicar TODOS os AGNs ?

- O *torus* emerge sozinho das simulações de evolução de galáxias (H molecular)
- Os jatos são frequentemente observados
- \* Existe evidência direta dos discos



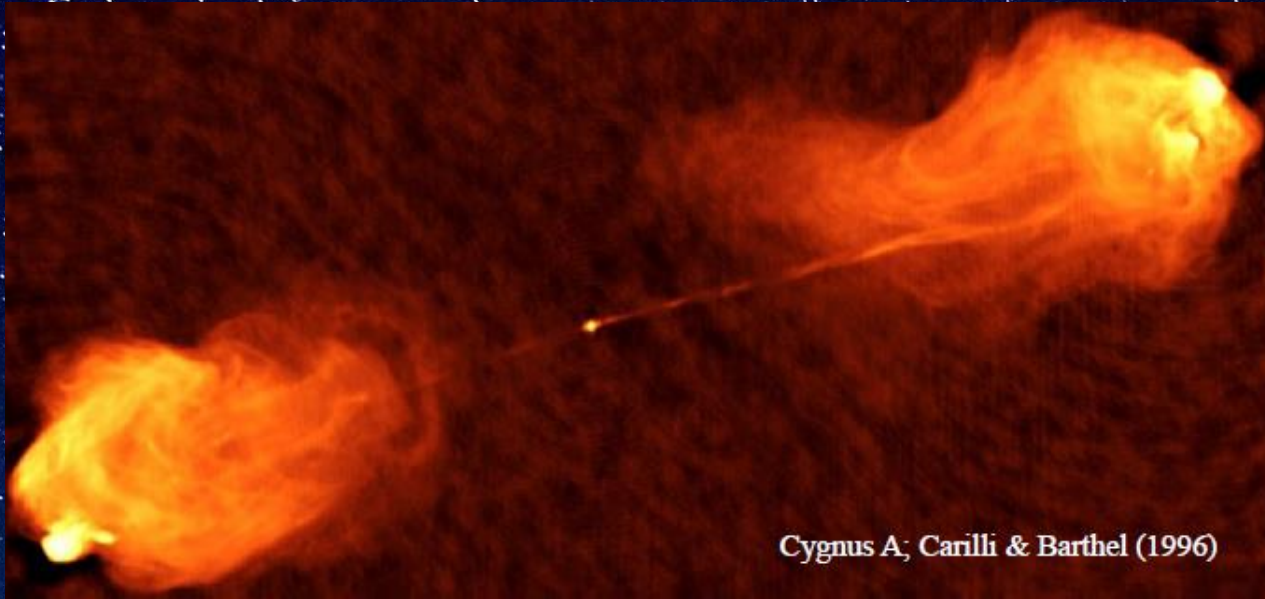
# O Modelo Unificado



Beckmann & Shrader (2012);  
graphic by Marie-Luise Menzel

# Os jatos dos AGNs

Cyg A



Os jatos se mantêm colimados por mais de 50 kpc...

Os radio-loud devem ter os jets como protagonistas, a emissão rádio se deve a síncrotron (elétrons) (e o B?)

Os AGN com BH de  $> 10^9 M_{\odot}$  são todos radio-loud

Talvez os jatos (compactos) participem da  $L_{\text{total}}$

Da variabilidade e distribuição espectral podemos obter

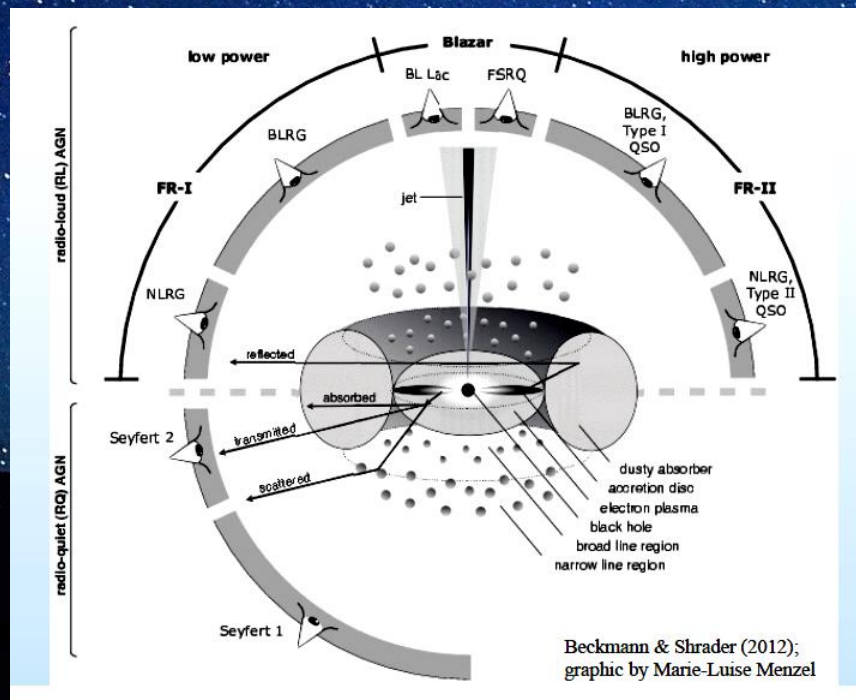
O campo magnético

Tamanho e densidade

Fator de Lorentz

Distribuição de energia das partículas

Os blazars são os AGNs mais adequados para estudar jatos



# Os AGNs como aceleradores de partículas

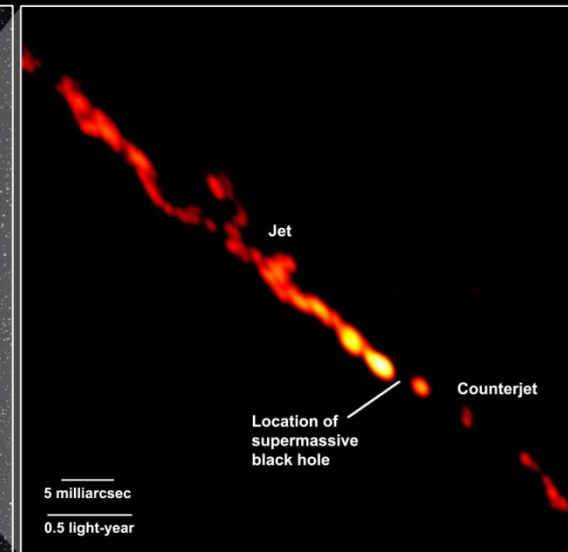
Os lóbulos gigantes de Cen A:  
mecanismos de aceleração de  
partículas (prótons)



Centaurus A's Inner Jets

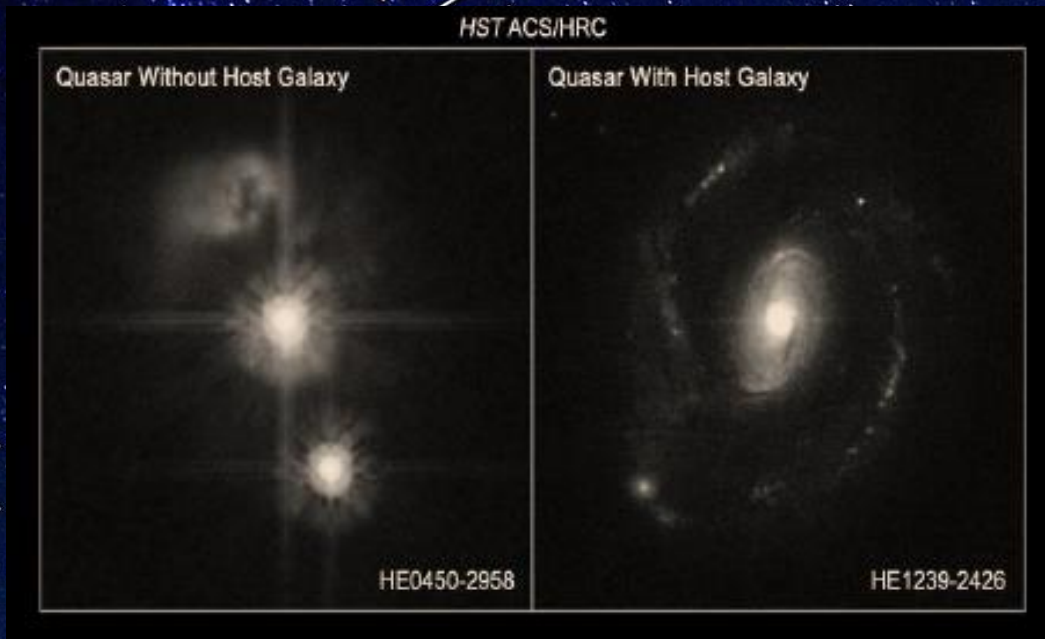


1 degree  
200,000 light-years



5 milliarcsec  
0.5 light-year

# Tem ou não galáxia hospedeira?

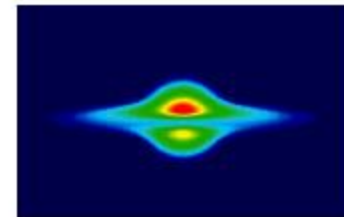
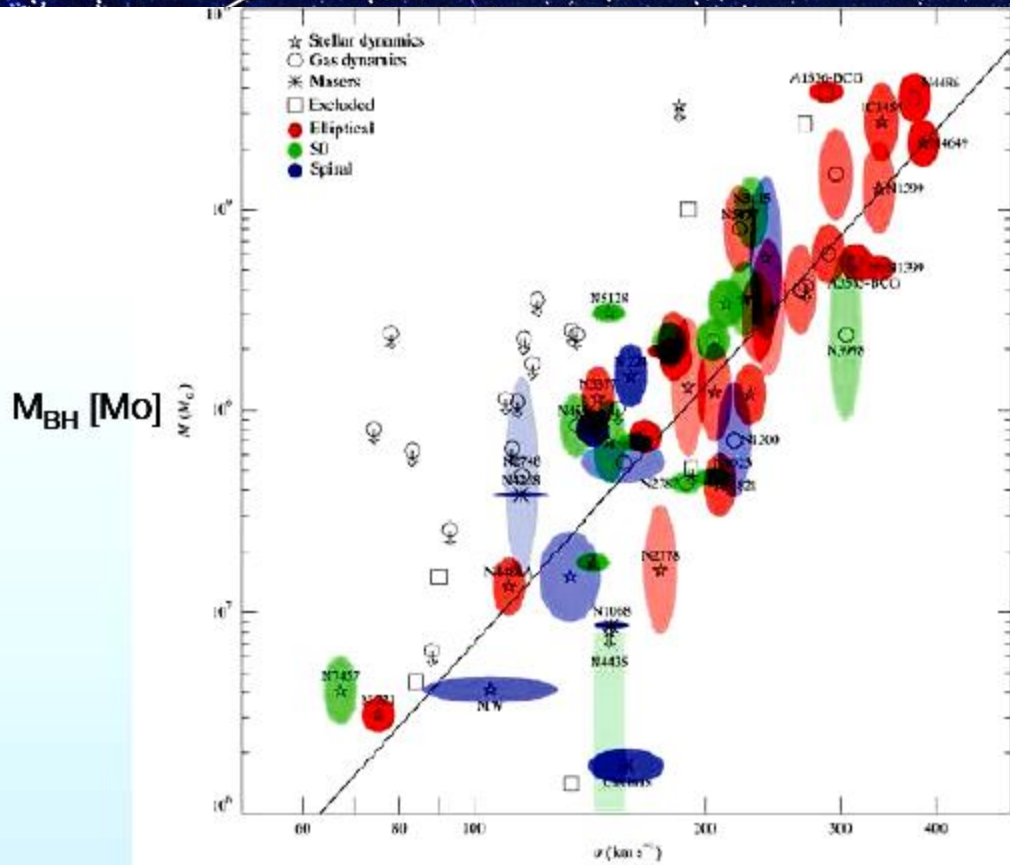


Existe uma retroação entre o AGN e a galáxia hospedeira?

Regula o AGN a formação de estrelas na hospedeira?

10% das galáxias contém AGNs em  $z=2$ , mas somente 0.1 em  $z=0$ . O gás é imprescindível para alimentar a atividade

# A massa do BH e a dispersão de velocidades do bojo



Semionov & Vasevicius 2006

Gültekin et al. 2009

$$M \propto \sigma^4$$

Qual é a física atrás desta correlação?

A pressão da radiação empurra gás que é uma fração da massa do bojo  $M_{\text{gas}} = f M_{\text{bojo}}$

$$\frac{L_{\text{Edd}}}{c} = \frac{GM_{\text{bulge}} f M_{\text{bulge}}}{R^2}$$

A parte central do bojo corresponde a uma esfera isotérmica

$$M(< R) = 2R\sigma^2/G$$



$$\frac{M_{\text{bulge}}}{R} = \frac{2\sigma^2}{G}$$

Substituindo

$$\frac{4\pi GM_{\text{BH}} m_{\text{p}}}{\sigma_{\text{T}}} = Gf \left(\frac{2\sigma^2}{G}\right)^2$$

Ou seja

$$M_{\text{BH}} = \frac{f\sigma^4 \sigma_{\text{T}}}{\pi G^2 m_{\text{p}}}$$

parece certo, mas o bojo mais interno não deveria ser *tão* esférico assim...



Acabou...

