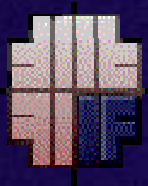


Cinemática da região nuclear de galáxias Seyfert com IFU-GMOS



Thaisa Storchi Bergmann
Instituto de Física - UFRGS



Trabalho de Doutorado de Fausto K. B. Barbosa

Workshop do Milênio, Instrumentação e Ciência com os telescópios Gemini e SOAR - Dezembro 2004, IAG-USP

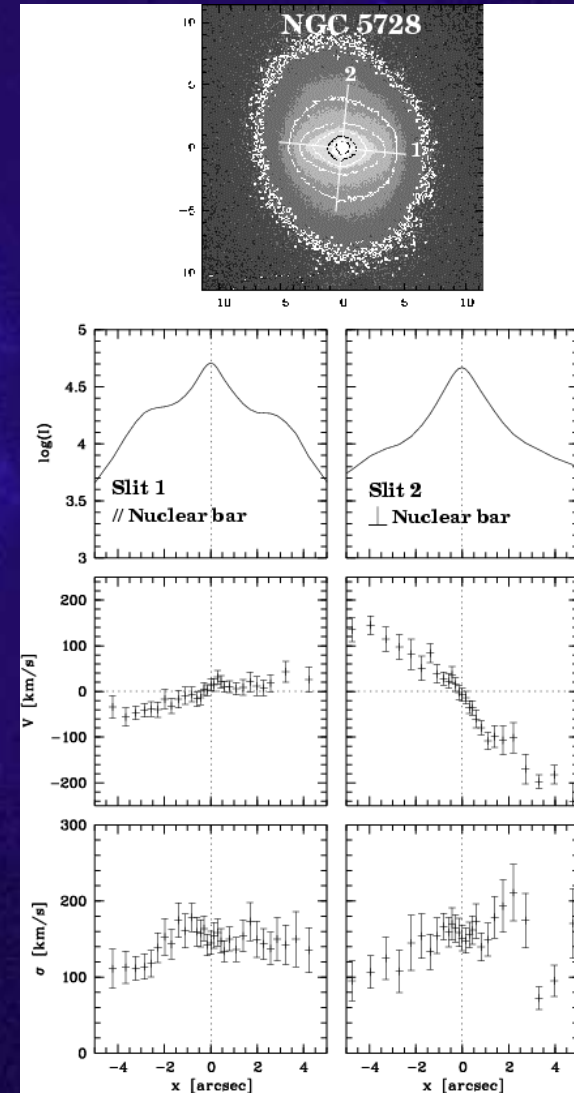
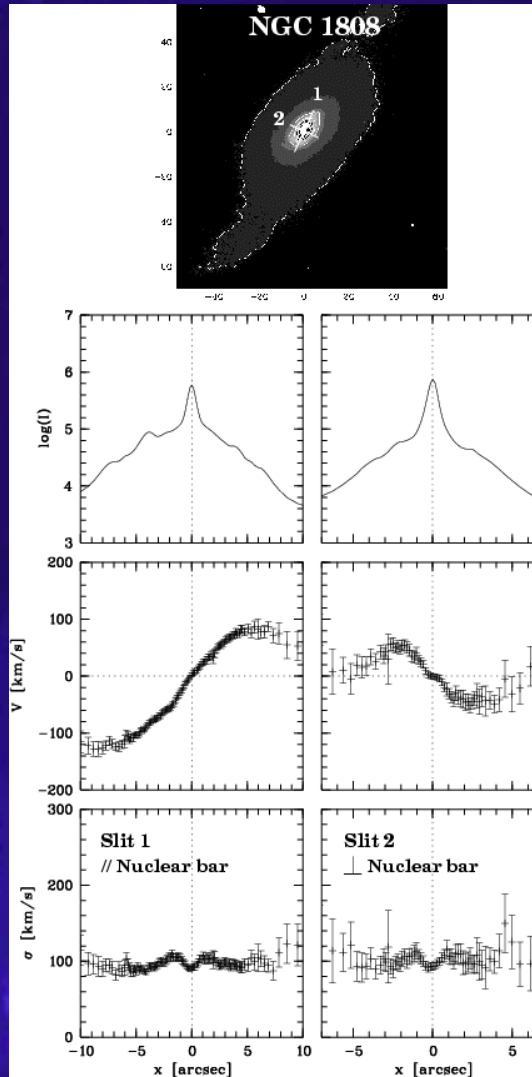
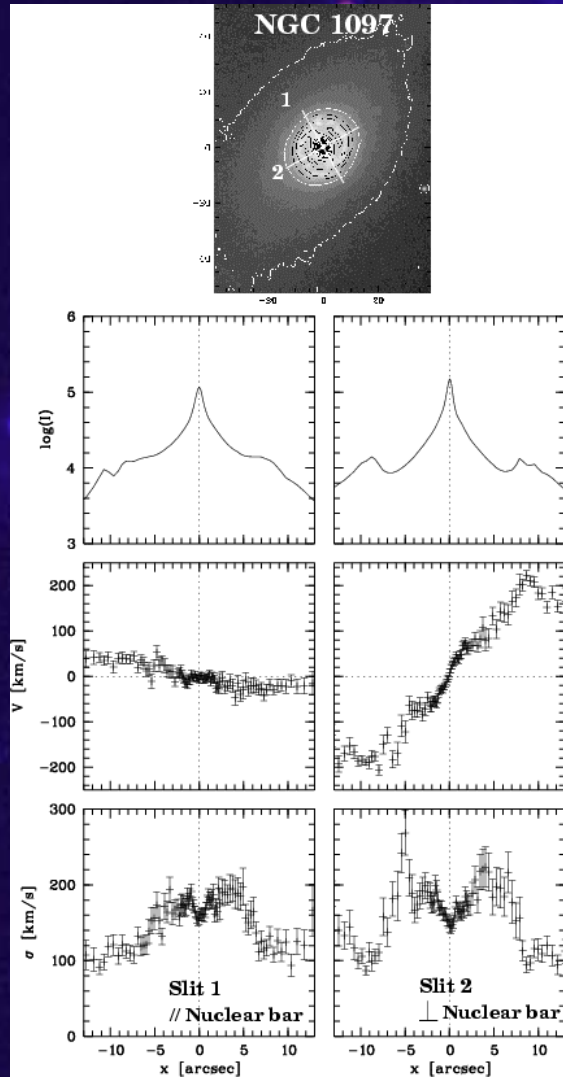
Inserção no Milênio

- Projeto com observações utilizando o Gemini
- Ver também poster de Rogemar Riffel amanhã
- Outra atividade suportada pelo Milênio:
Desenvolvimento de homepage e CD com 20 roteiros de atividades de ensino por Henrique A. Fraquelli, T. Storchi-Bergmann & Maria de Fátima O. Saraira :
<http://www.if.ufrgs.br/~ico>: Ensino de Astronomia

Introdução

- Primeiros estudos cinemáticos em galáxias ativas: gás da Região Estendida de Linhas Estreitas (ENLR, Wilson e colaboradores, Storchi-Bergmann e colaboradores, Baum, etc, anos 1990-2000).
- Poucos trabalhos sobre cinemática estelar devido à contribuição da componente nuclear que preenche as linhas de absorção estelares.
- Nelson & Whittle (~1996): dispersões de velocidades integradas (σ) em $\sim 5''$ (kpc) de Seyferts são sistematicamente menores do que em galáxias não ativas de mesma magnitude absoluta \Rightarrow menor razão Massa/Luminosidade para as galáxias Seyfert. Resultado também encontrado no IR, bandas H e K (Oliva, Origlia e colaboradores).
- Recentemente trabalhos com melhor amostragem - dezenas de parsecs. Emsellem et al. (2001, 2004), Márquez et al. (2003): mostram o comportamento de σ em função da distância ao núcleo \Rightarrow em algumas galáxias ativas e Starburst, há um decréscimo da dispersão de velocidades do núcleo: σ -drop.
- Aparente contradição com esperado aumento de σ devido à presença do buraco negro supermassivo (BN): mas escalas espaciais são muito maiores no presente trabalho; não estamos chegando suficientemente perto do BN

Alguns dos casos reportados por Emsellem (2001) estão ilustrados abaixo:



Interpretação: disco de gás frio formando novas estrelas; fenda longa

Objetivos Parciais da Tese do Fausto

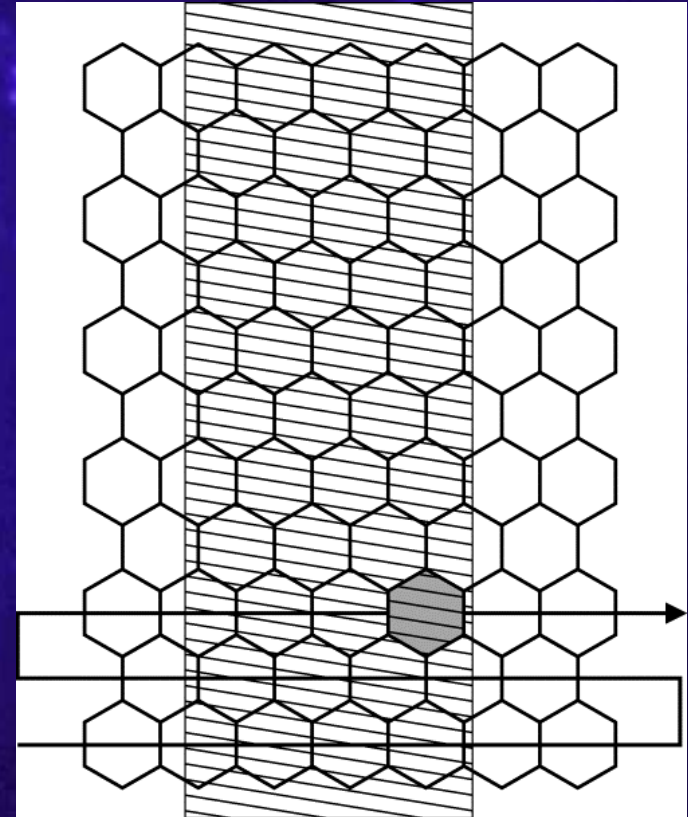
- 1) Mapear a cinemática estelar procurando pela assinatura de populações estelares mais jovens que a do bojo como os σ -drops ou estruturas como as barras que estejam associadas ao transporte de material para a região nuclear, com objetivo de testemunhar crescimento do bojo junto com o do buraco negro central;
- 2) Comparar a cinemática estelar com a cinemática do gás;
- 3) Amostra: pretendemos chegar até 10-12 galáxias, aqui apresento resultados para 6;

Instrumentação e metodologia

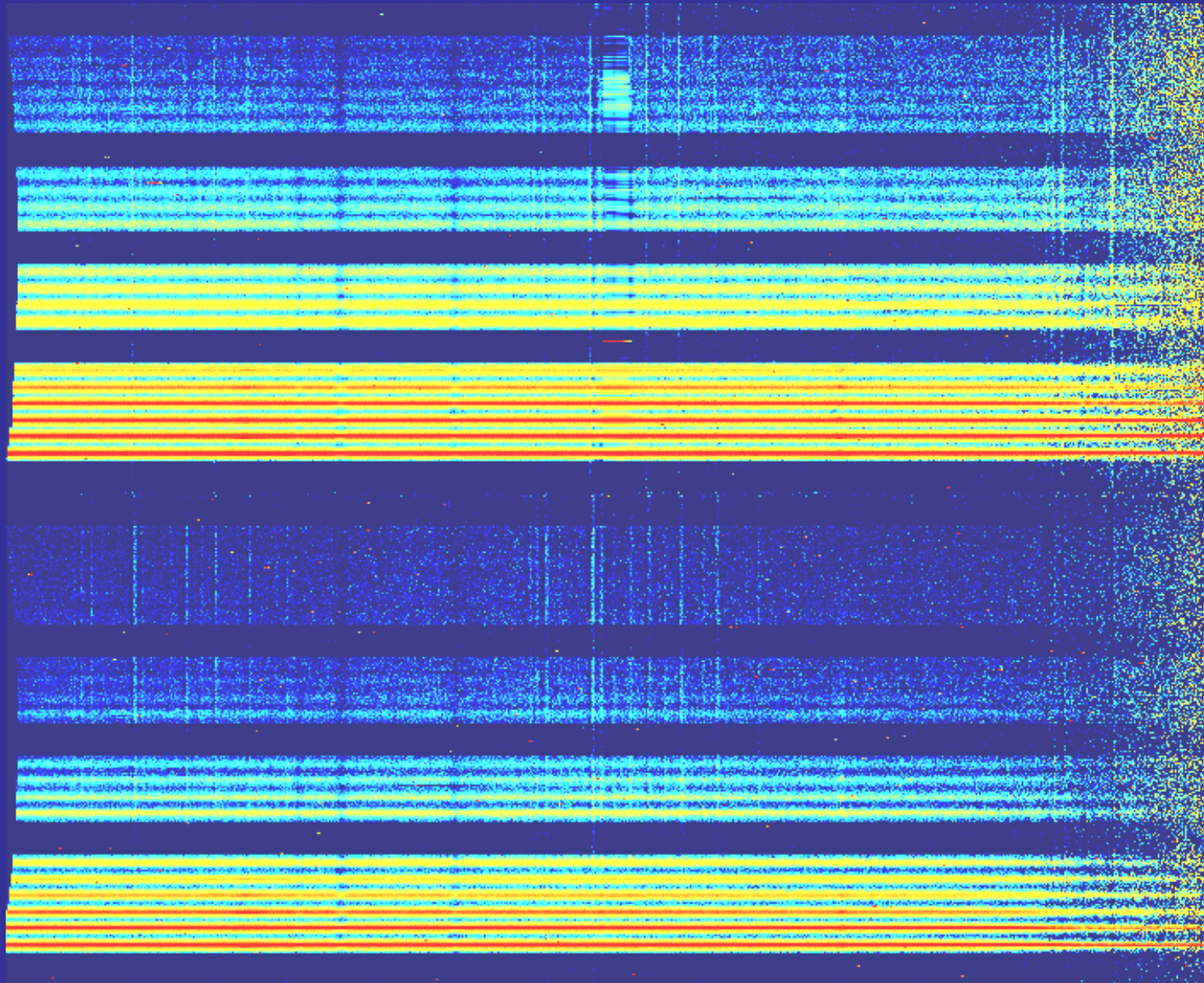
- Espectrógrafo IFU *GMOS* no telescópio Gemini – para obtenção da cinemática bi-dimensional das estrelas. Foram medidas a velocidade radial média (V_R) e dispersão de velocidade radial (σ) utilizando o Ca T λ 8500Å em absorção.
- Subproduto: emissão do gás em [S III] λ 9069Å: cinemática do gás e propriedades da fonte central.

O espectrógrafo IFU GMOS

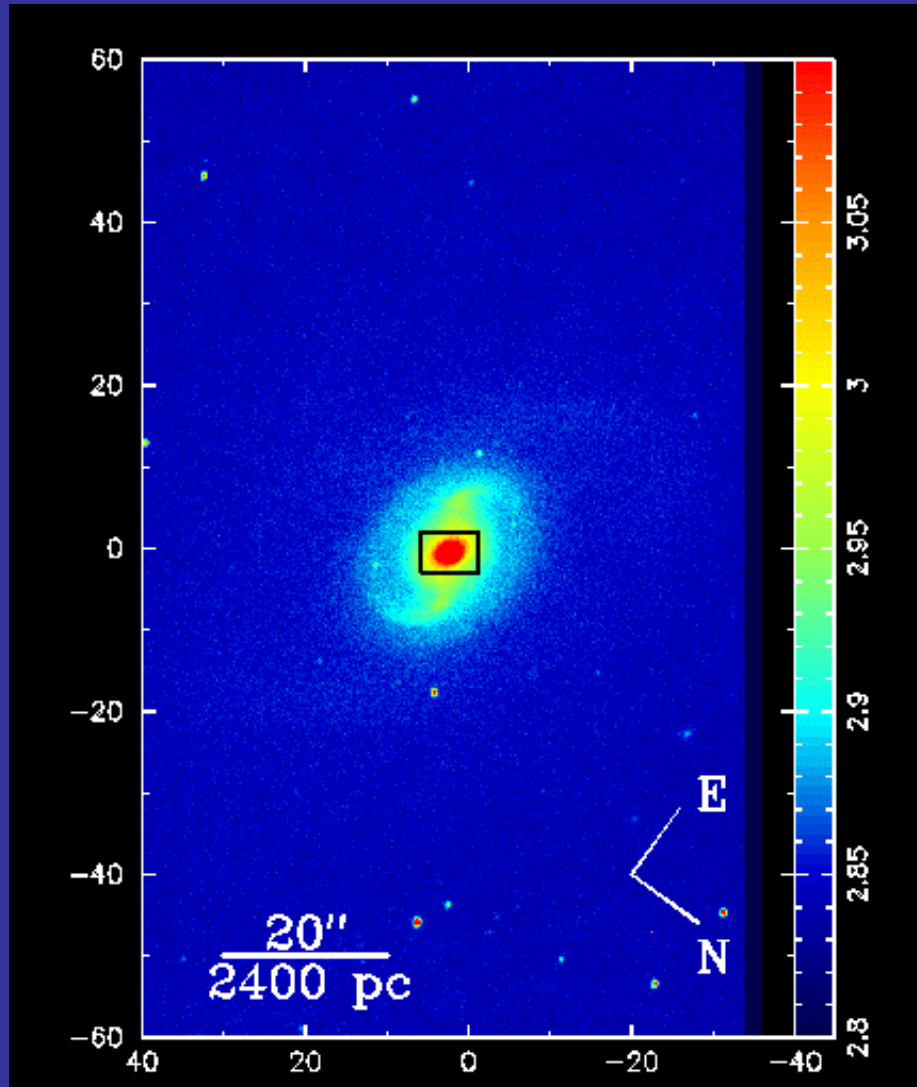
- 1500 microlentes hexagonais (1000 no alvo + 500 no céu);
- Microlentes \Rightarrow fibras ópticas alinhadas simulando uma fenda longa;
- Conjunto de lentes cobre 7" x 5" ;
- “Diâmetro” de cada lente: 0.2"



Espectros com céu subtraído e calibrados



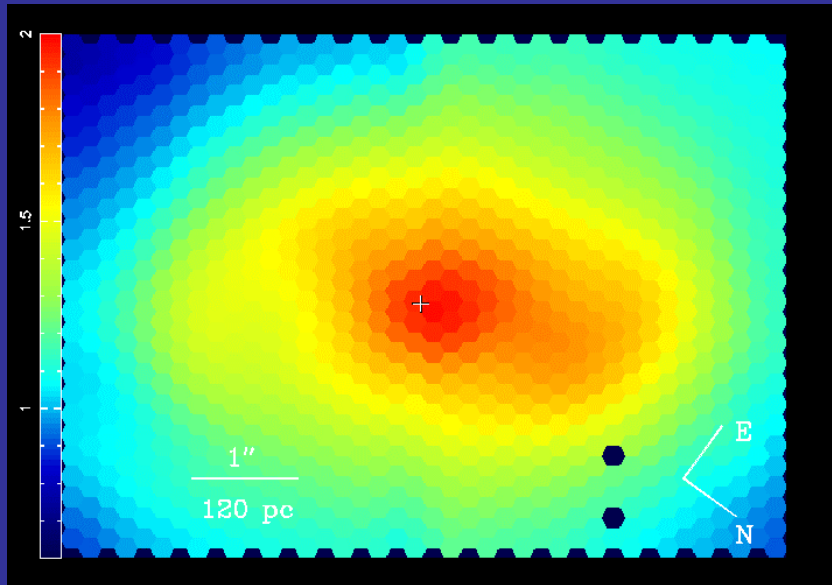
NGC 2273



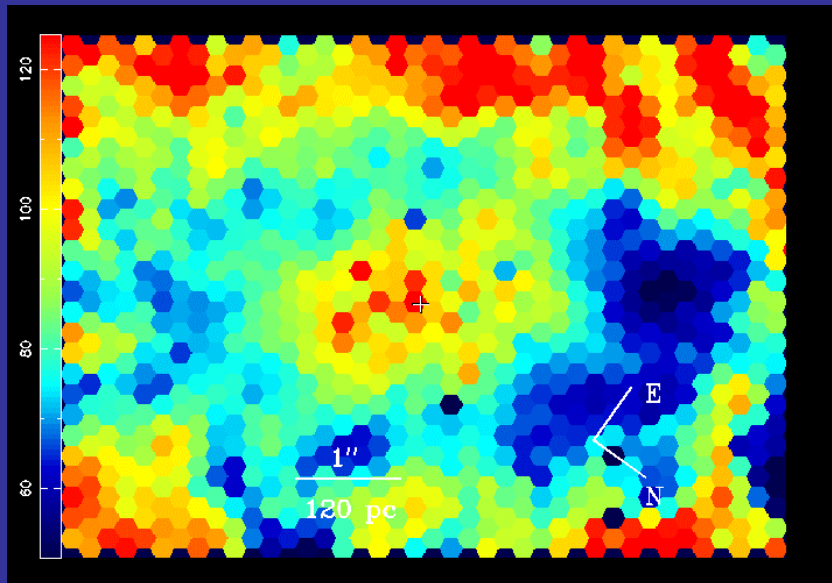
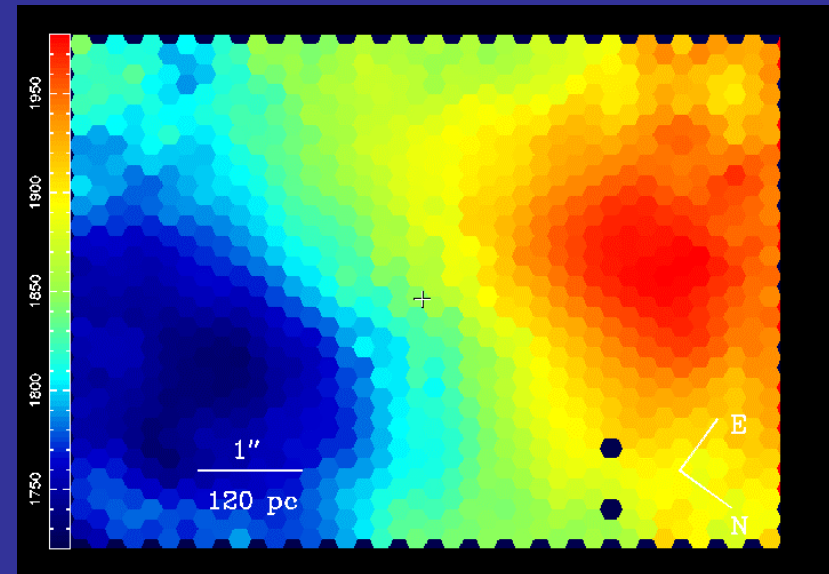
- SB(r)a, Seyfert 2
- $120 \text{ pc } (")^{-1}$ ($H_0 = 75 \text{ km s}^{-1}$)
- Duas comp. rádio $0.9''$ E-W
- Barra interna $7''$ P.A. $\sim 10^\circ$.
- Anel nuclear parcial.
- [O III] estendido $2''$ a E.
- [O III] e $H\alpha$ estendidos assoc. a anel de *straburst*.
- Cores e luminosidade IR indicam presença de *starburst*.

Re-imageamento

NGC 2273



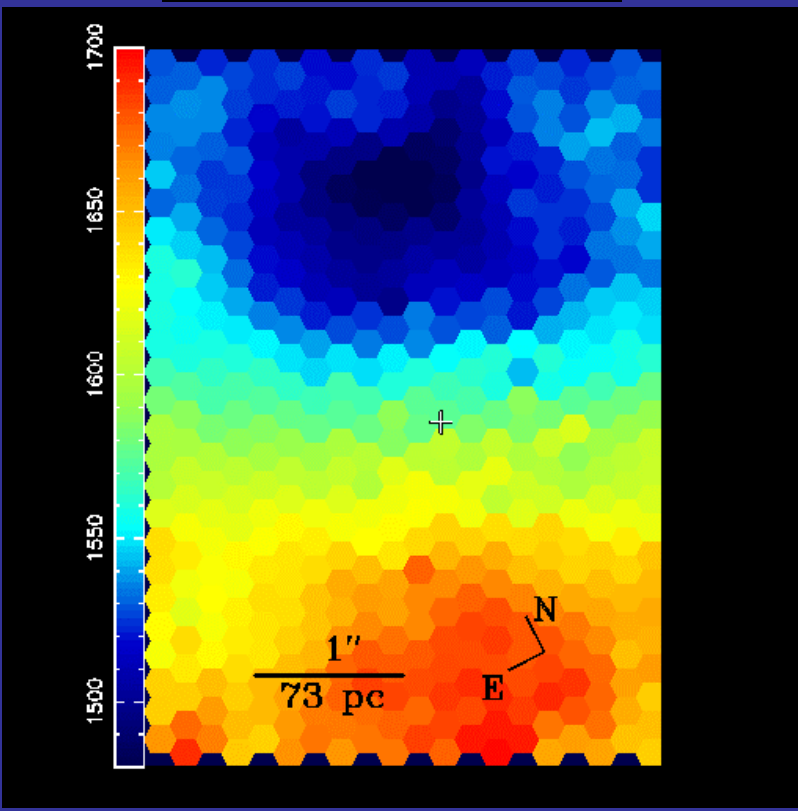
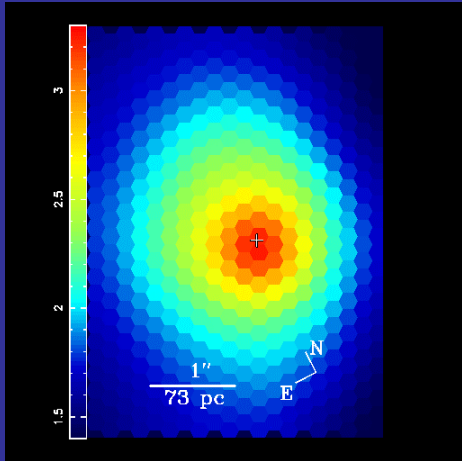
Velocidade radial estelar:rotação



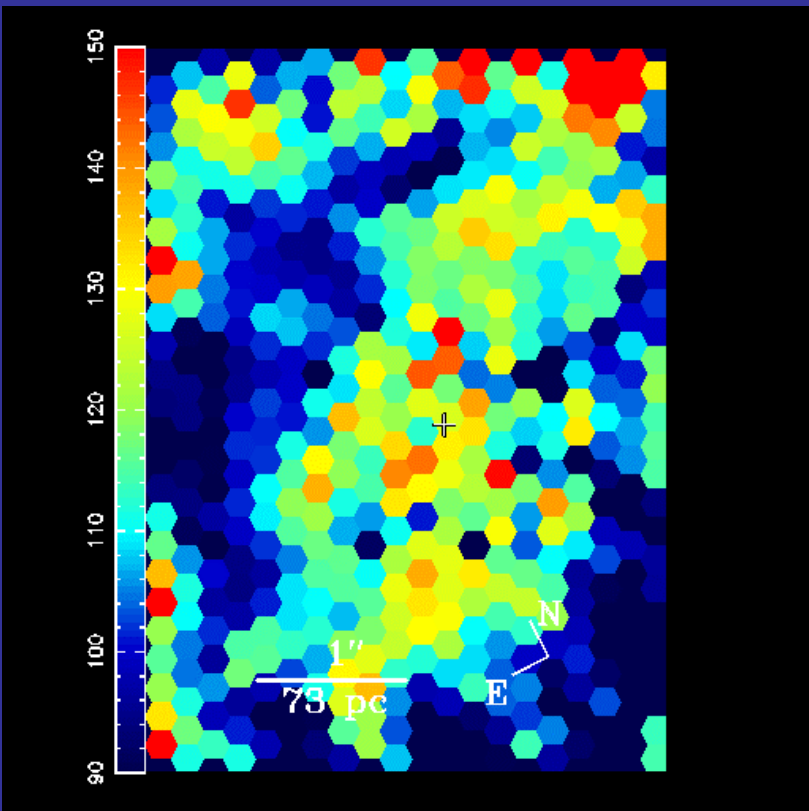
⇐ Dispersão de velocidades estelar:
anel de formação estelar com menor σ

NGC 3227

← Re-imageamento



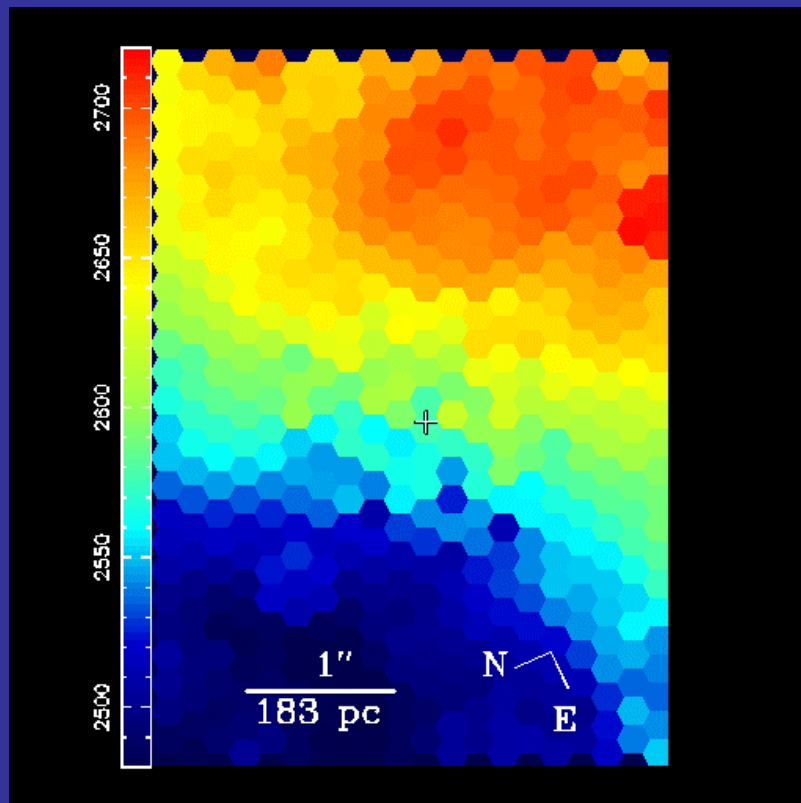
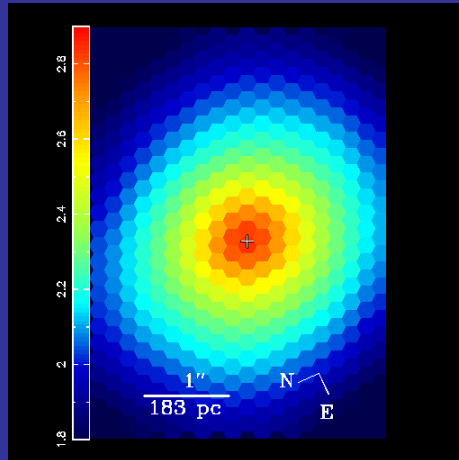
Velocidade radial estelar: rotação



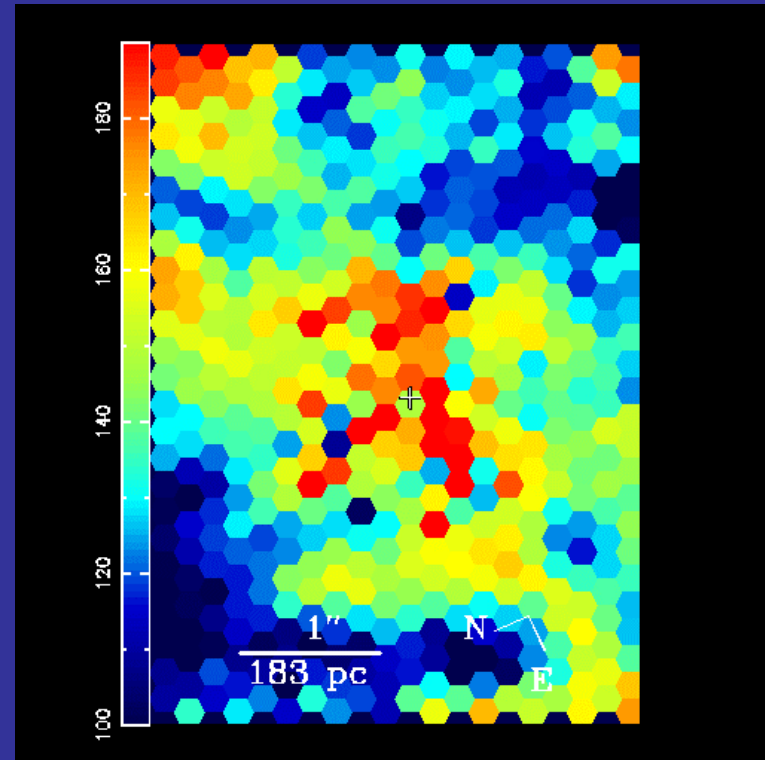
Dispersão de velocidades estelar: outro
anel de formação estelar com menor σ

NGC 3516

Re-imageamento

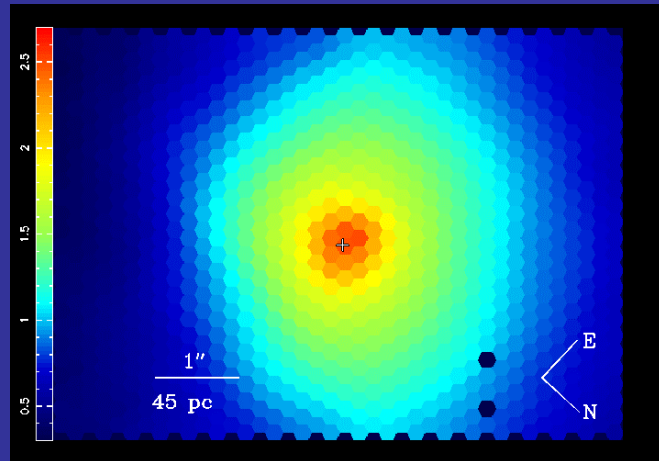


Velocidade radial estelar: rotação

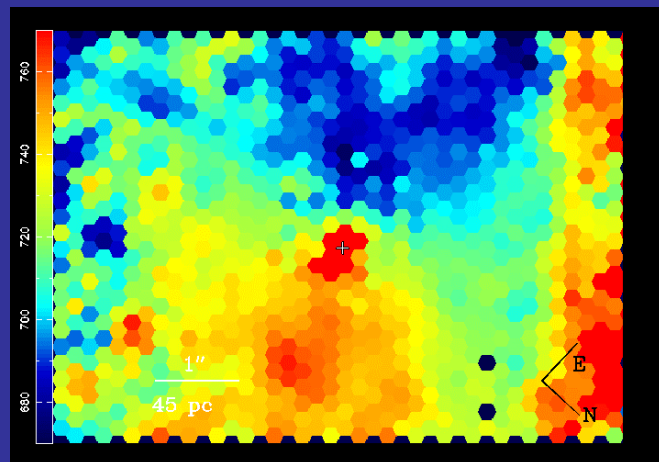


Dispersão de velocidades estelar: outro Anel de formação estelar com menor σ

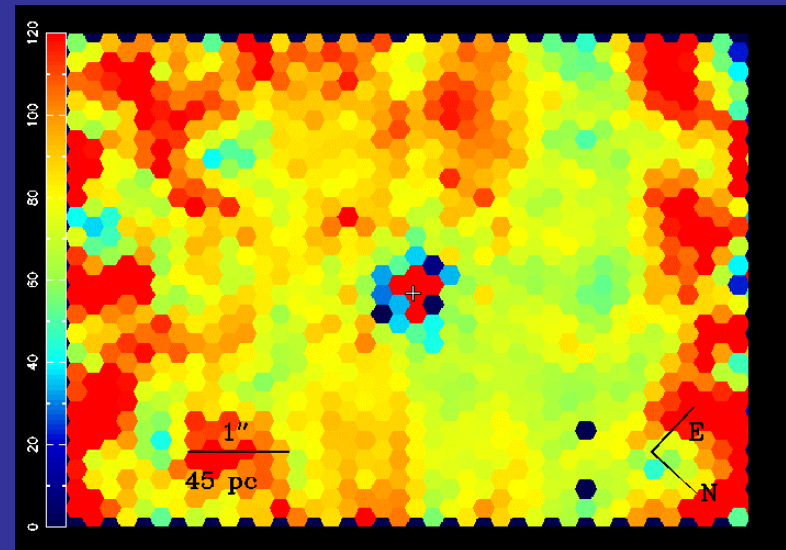
NGC 4051



Re-imagemamento



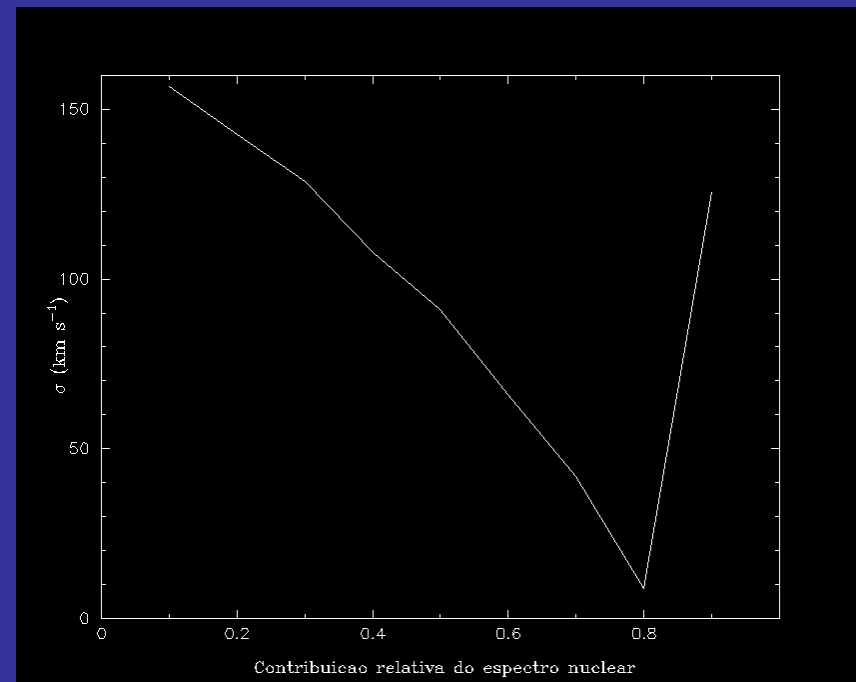
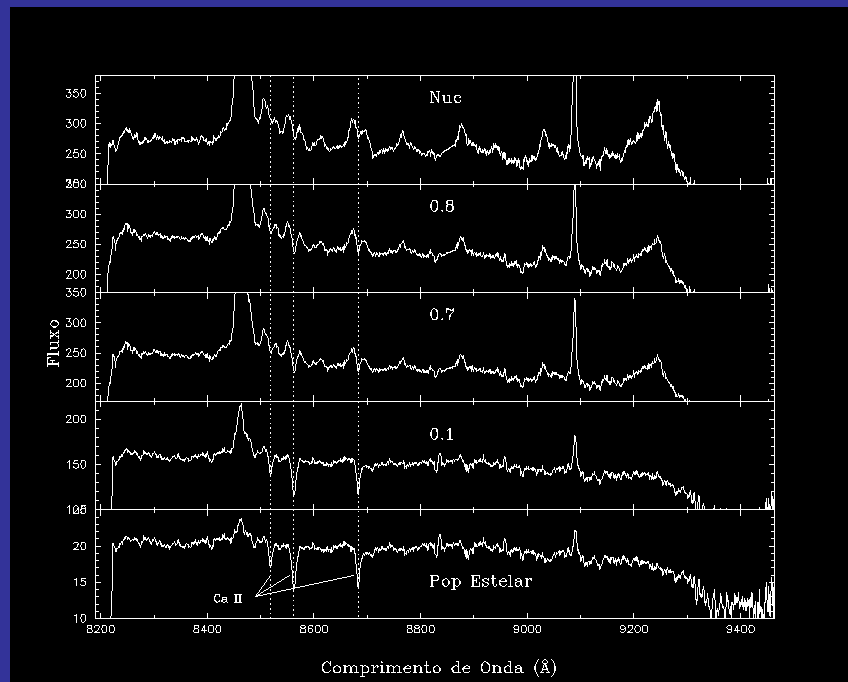
Velocidade radial estelar: rotação



Dispersão de velocidades estelar:
 σ -drop no núcleo?

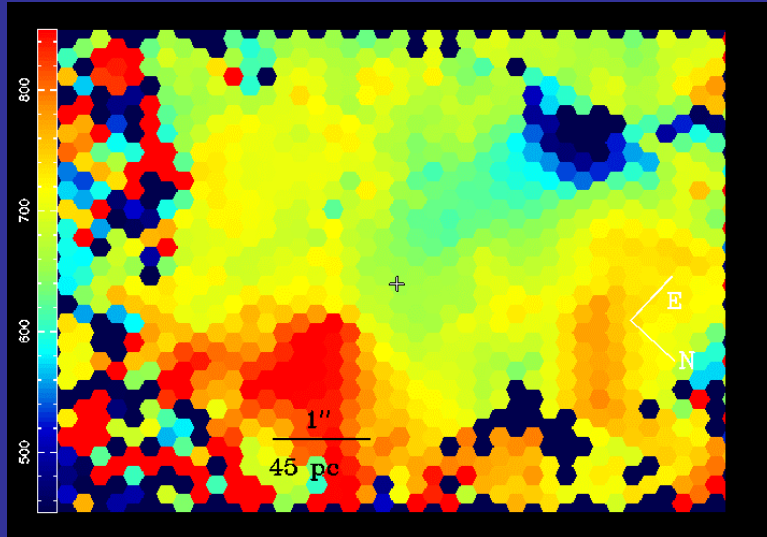
NGC 4051

σ -drop aparece devido à contribuição do contínuo nuclear que dilui linhas de absorção! Em quantas galáxias com medidas únicas integradas isto poderia estar ocorrendo?

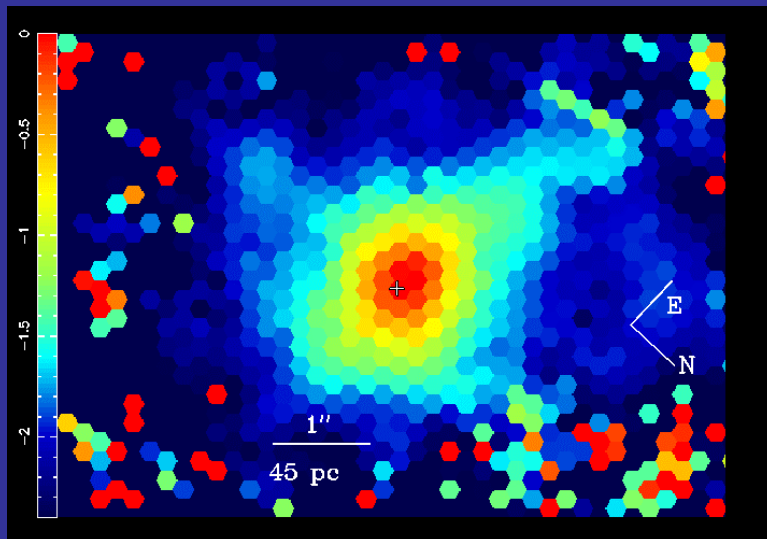
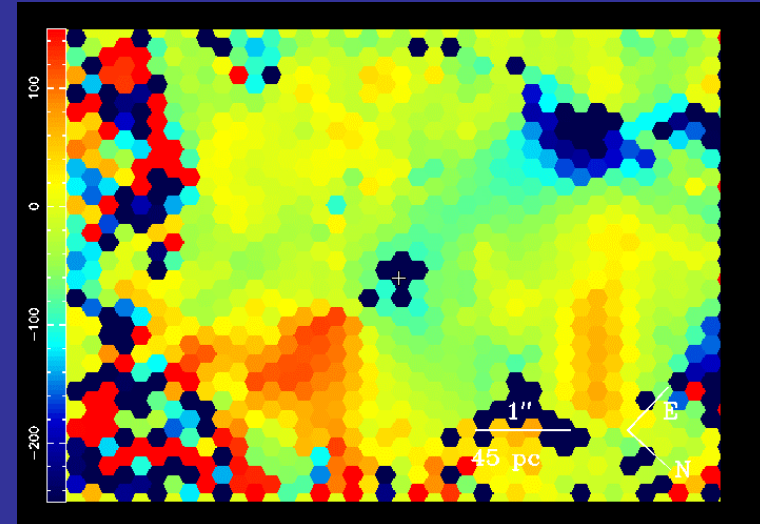


NGC 4051

Velocidade radial do gás

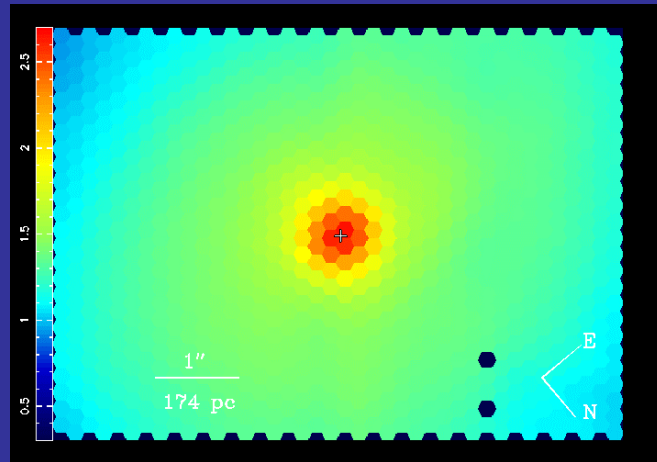


Velocidade do gás – estrelas:
duplo “outflow”



Fluxo na linha [S III]: outflow na nossa direção aparece intenso, projetado sobre o disco da galáxia, enquanto que outflow oposto é fraco por estar atrás do disco.

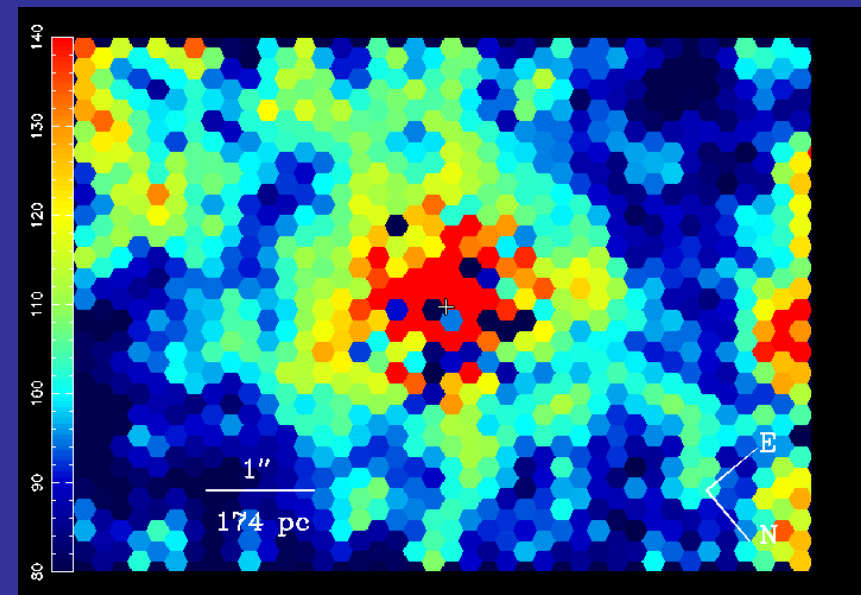
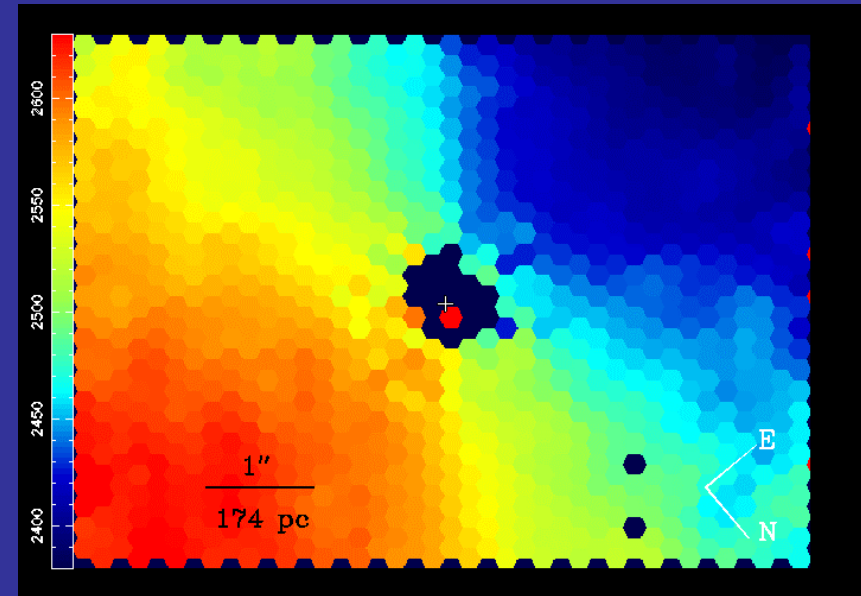
NGC 4593



Re-imagemamento

Dispersão de velocidades estelar:
queda no σ indicando outro anel?

Velocidade radial estelar



Conclusões

- Rotação estelar presente em todas as galáxias.
- Ausência de σ -drops nucleares.
- σ -drops observados em anéis circumnucleares sugerindo regiões de formação estelar recente.
- Contaminação do Ca T por linhas largas de emissão mimetizando o σ -drop nuclear na galáxia NGC4051.
- Cinemática do gás difere da cinemática das estrelas.
- *Outflows* em NGC3227, NGC3516 e NGC4051.

Modelagem da cinemática estelar de NGC3516

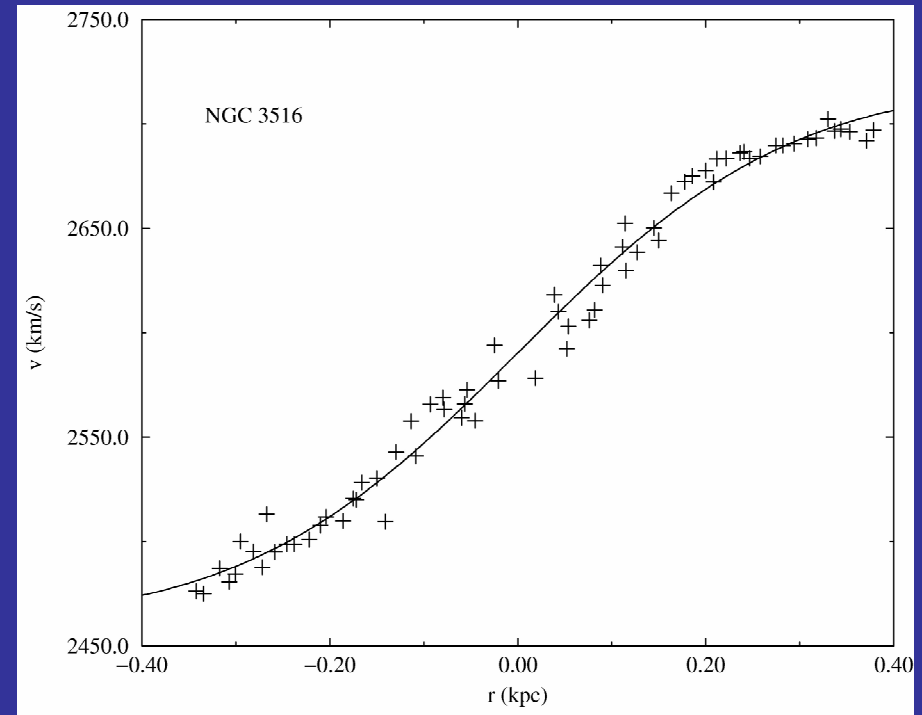
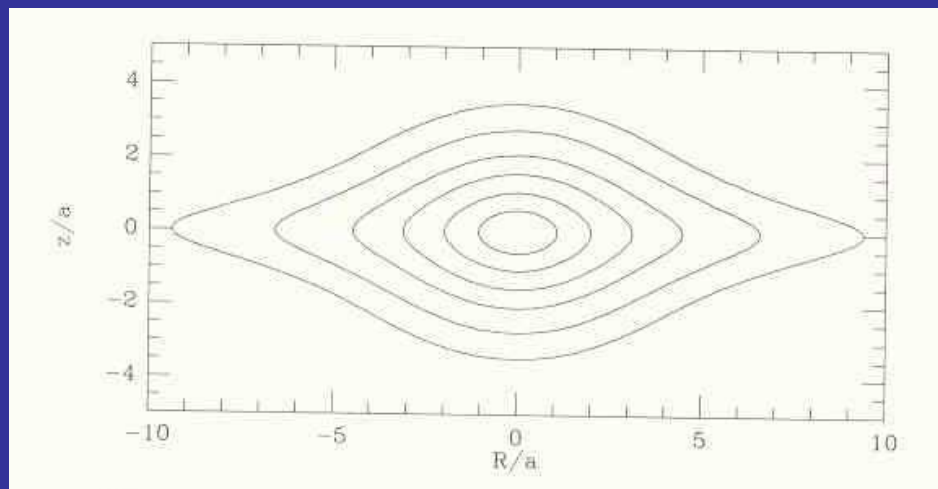
Ajuste de Modelo de Satoh (1980):

$$v^2 = \frac{GMR^2}{\{R^2 + z^2 + a[a + 2(z^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}]\}^{\frac{3}{2}}}$$

Onde: M =massa do bojo $=1.1 \times 10^{10} M_{\text{Sol}}$

$a=0.29$ kpc; $b=0.21$ kpc
(*inclinação e orientação do eixo maior obtidos como em Storch-Bergmann et al. 1996*)

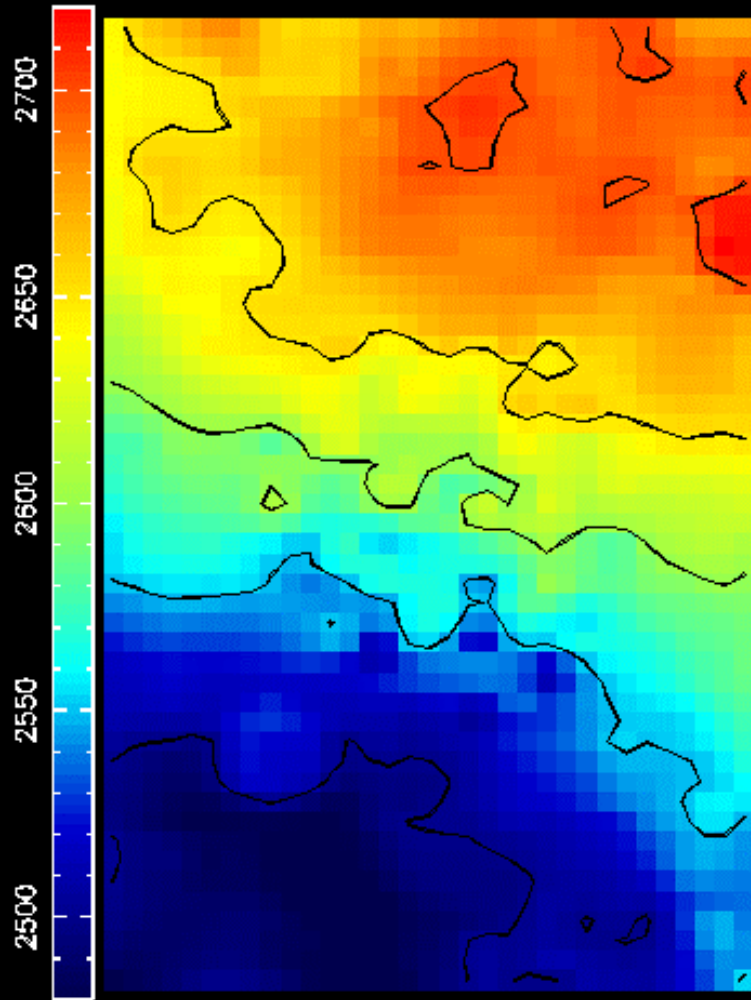
Contornos de igual densidade:



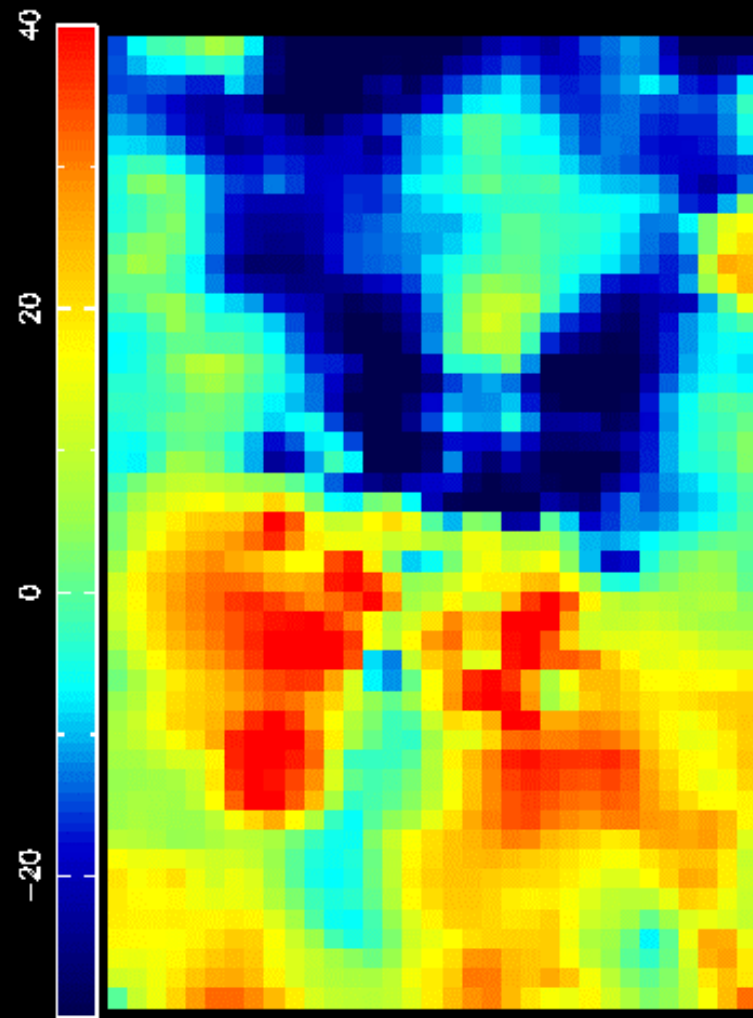
Modelo ajustado às velocidades radiais de NGC3516 ao longo do eixo maior.

NGC 3516

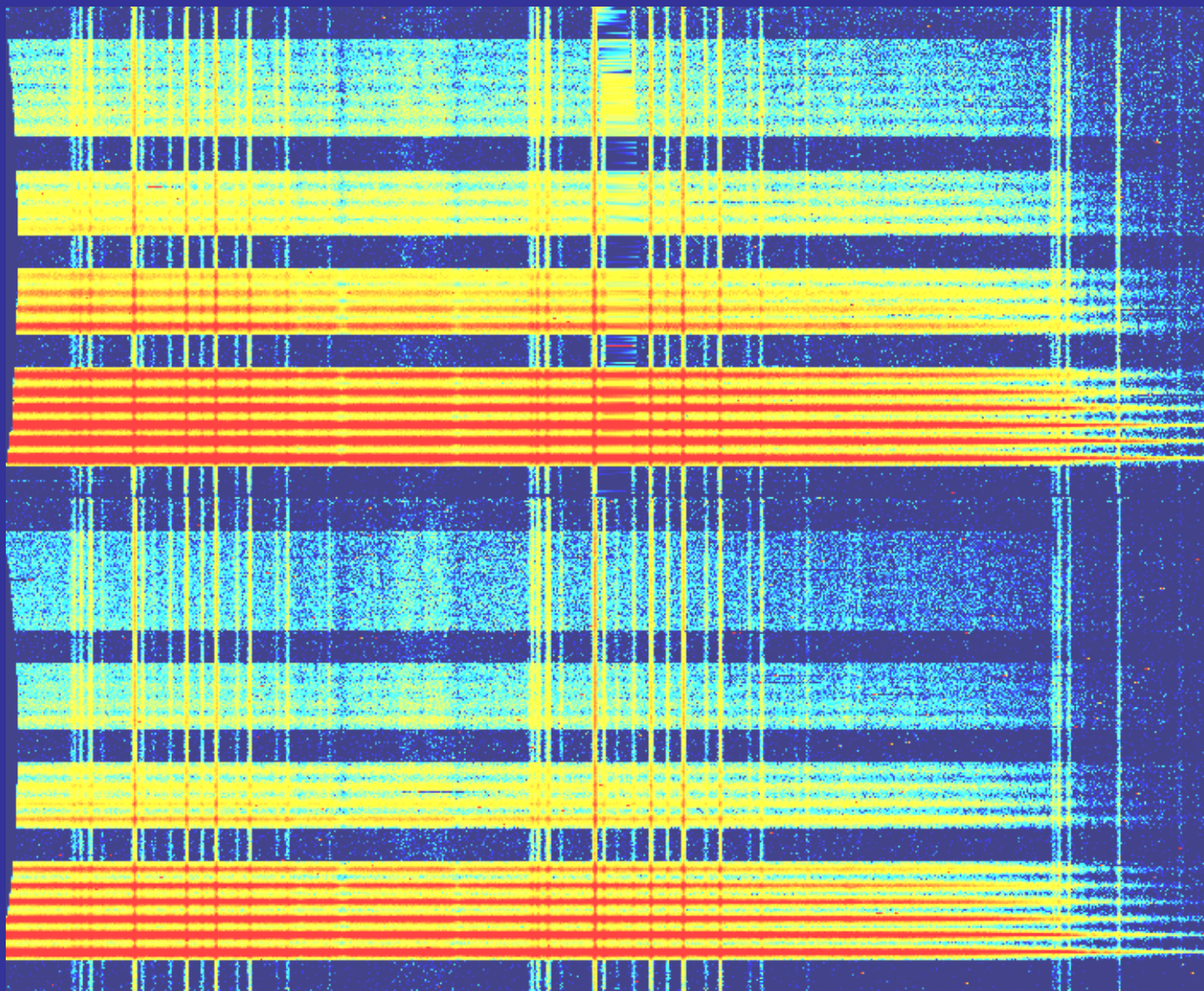
Cinemática estelar observada



Resíduos:
velocidades observadas - modelo



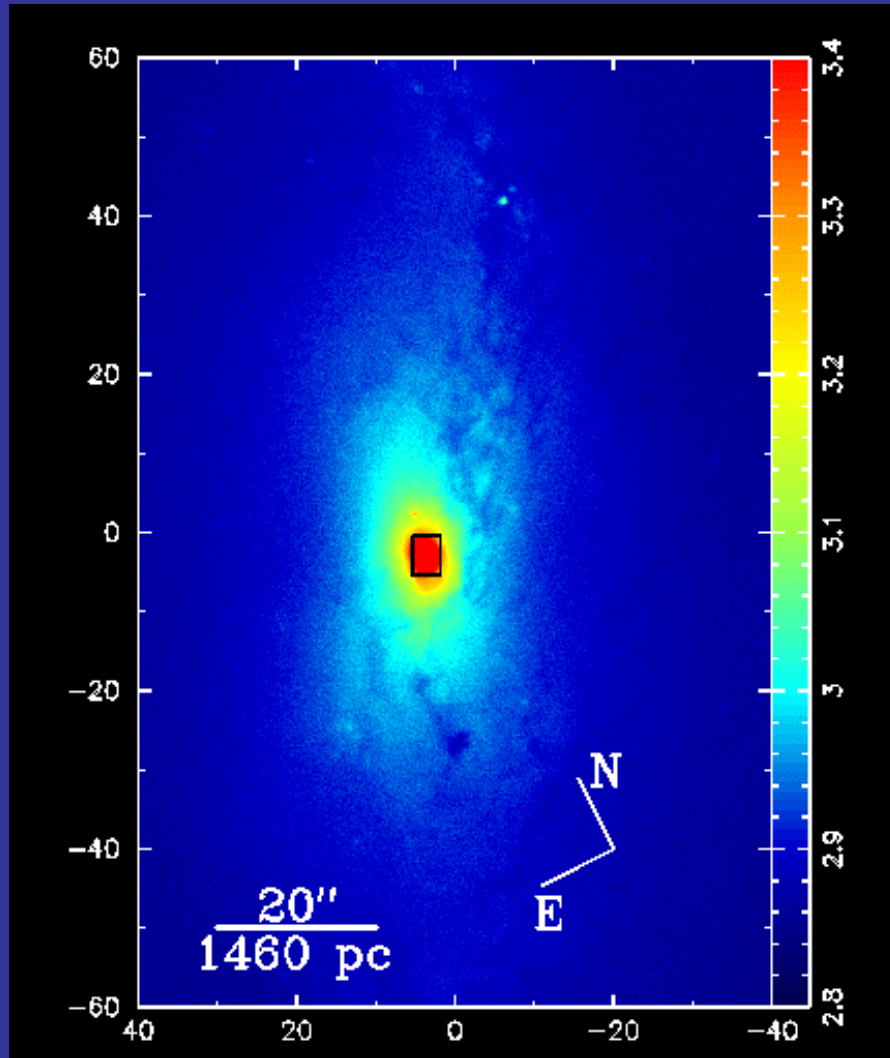
Espectros extraídos. Cada linha é um espectro.



Técnicas de análise

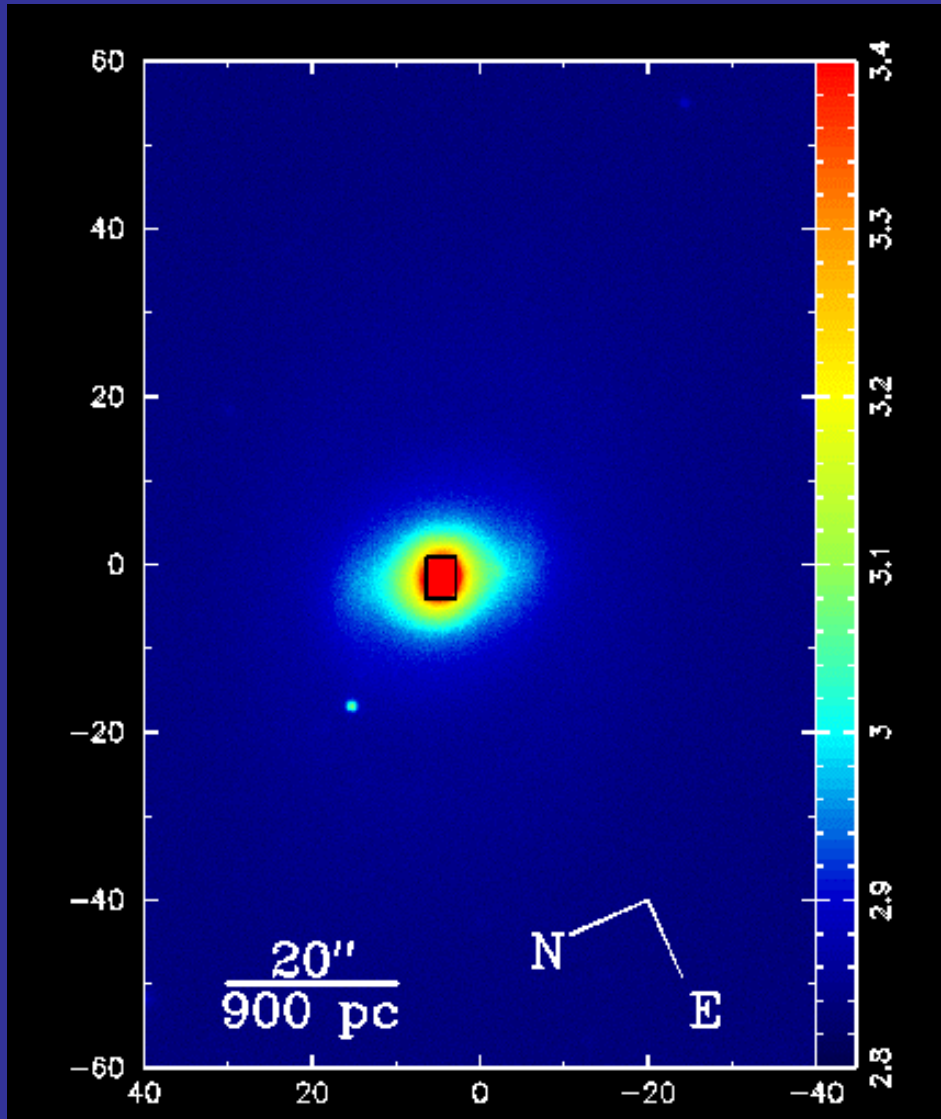
- **Cinemática estelar: correlação cruzada entre o espectro do objeto e o espectro de uma estrela padrão cinemática. Tarefa xcsao do pacote rvsao rodando no IRAF.**
- **Calibra-se as medidas de dispersão de velocidades σ medindo-a em espectros sintéticos construídos convoluindo, em espaço de velocidades, o espectro da estrela com gaussianas de σ conhecido.**
- **Cinemática do gás: ajuste de uma gaussiana à linha de emissão [S III].**

NGC 3227



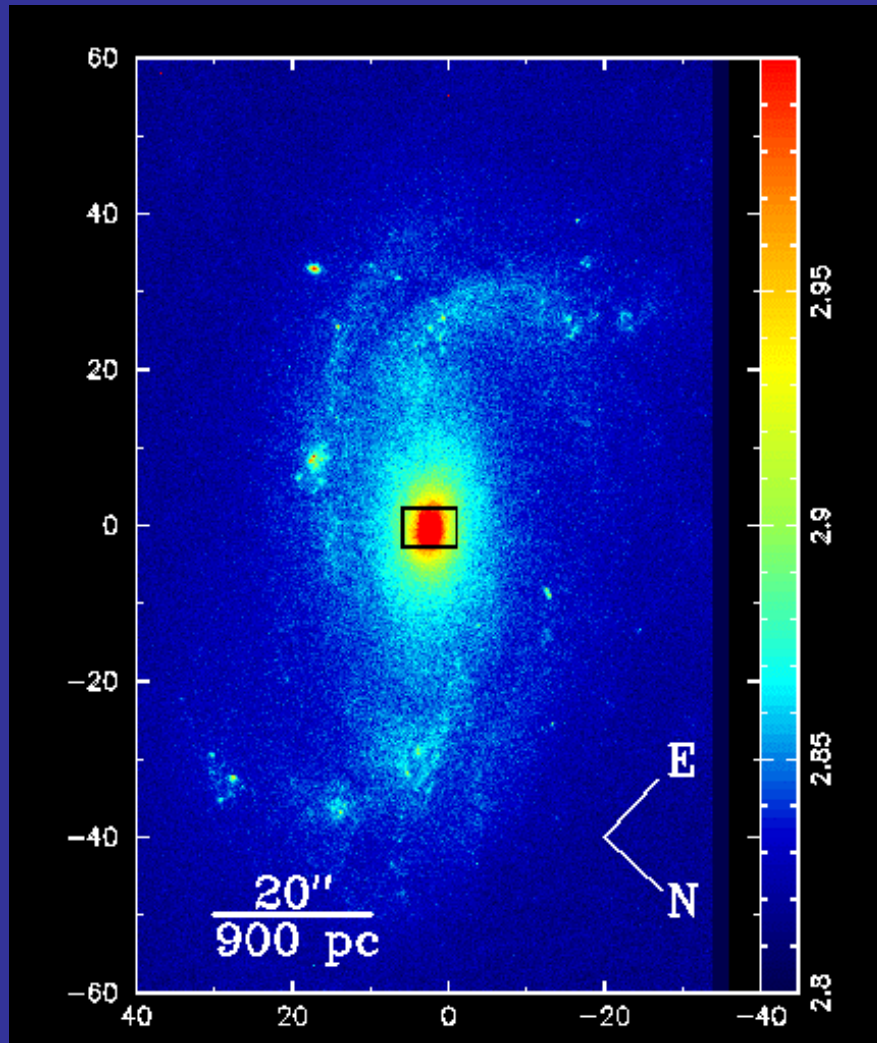
- SAB(s) pec, Seyfert 1.
- $73 \text{ pc } (")^{-1}$.
- Interagindo com NGC 3226.
- NLR estendida $7''$ a P.A. 30° .
- Núcleo duplo em rádio $0.4''$ P.A. $\sim -10^\circ$.
- Largura no [O III] com até 600 km s^{-1} .
- H₂ estendido $1''$ a P.A. 100° .
- Anel em ¹²CO com raio $2''$.
- Cores IR consistentes com poeira quente.

NGC 3516



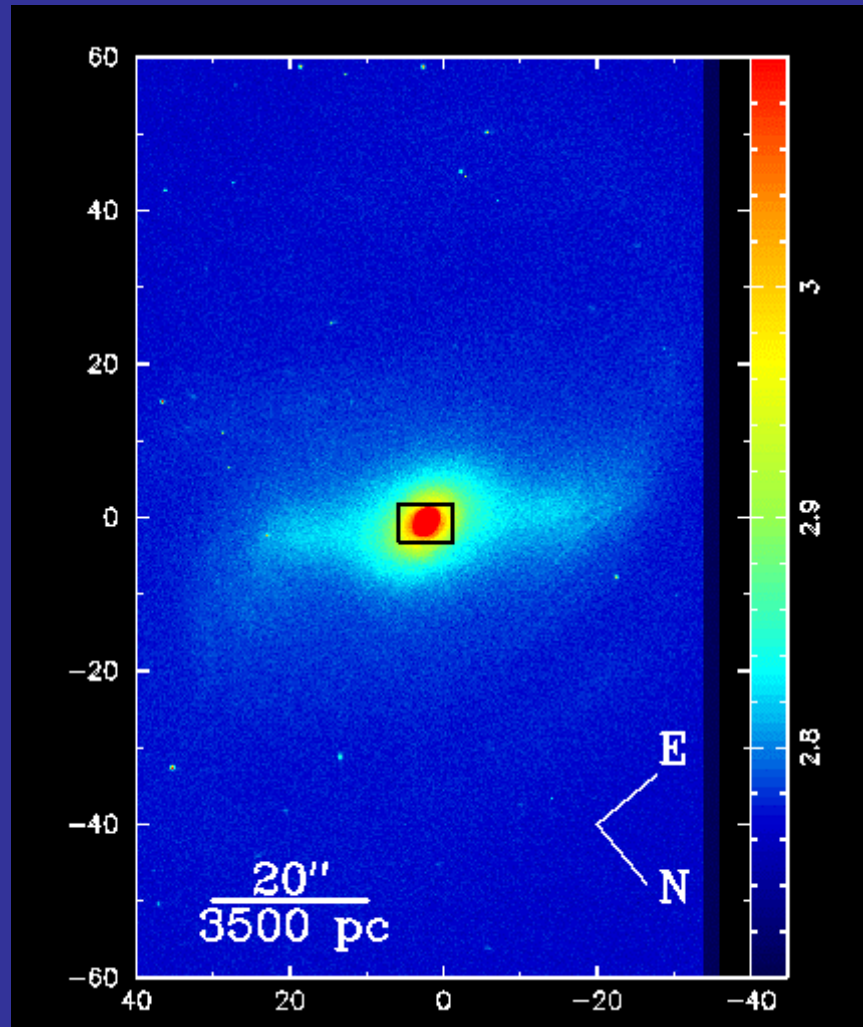
- (R)S0(s), Seyfert 1.
- $183 \text{ pc } (")^{-1}$.
- Padrão espiral único domina a morfologia do núcleo.
- Jato rádio 20 cm $6''$ a P.A. $\sim 10^\circ$.
- Malkan et al. 1998 propõem que o lado N é mais próximo.
- Em $H\alpha + N II$ e $[O III]$ estrutura em forma de "Z" estendida a NE e SW a P.A. $\sim 10^\circ$ perto do núcleo.
- Velocidades consistentes com *outflow* e não rotação.

NGC 4051



- SAB(rs)bc, Seyfert 1.5.
- $45 \text{ pc } (")^{-1}$.
- [O III] compact mais extensão de $1.2''$ tênue a P.A. $\sim 100^\circ$.
- Núcleo rádio duplo com sep. $0.4''$ a E-W.
- Rádio estendido a SW e NE em grande escala.
- Veilleux (1991) propôs modelo de *outflow* mais poeira obscurecendo o lado do *outflow* que se afasta.
- Fluxos IR médio e distante consistentes com poeira quente.
- Mapas de raios-X sugerem que existe atividade nuclear e *starburst*.

NGC 4593



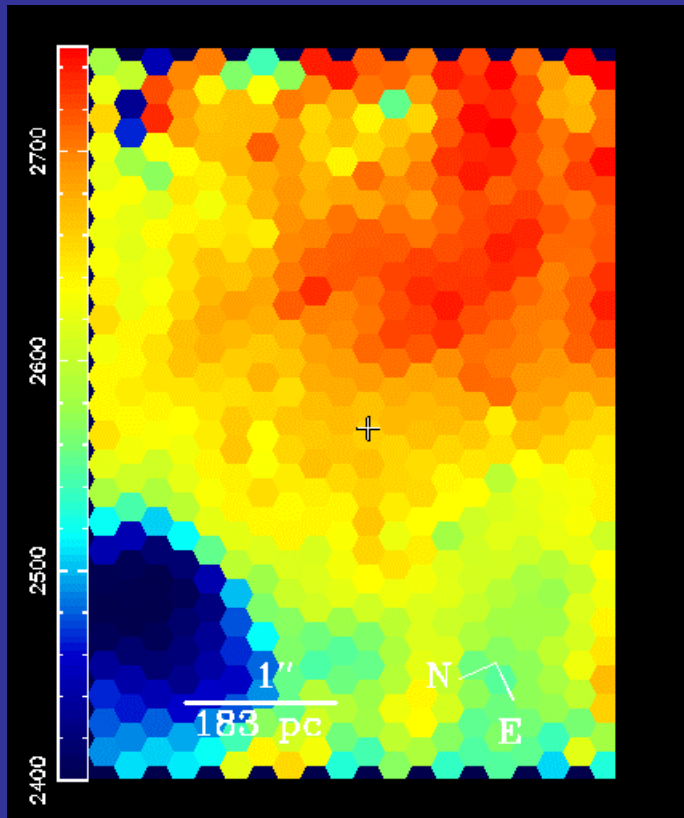
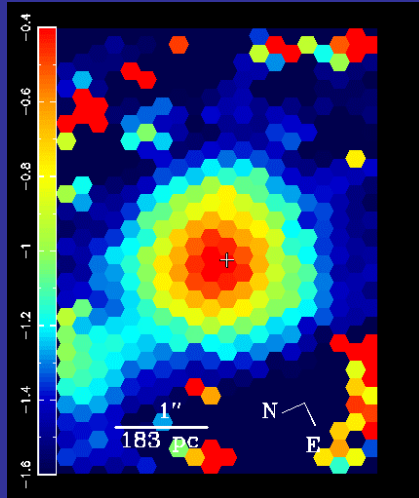
- (R)SB(rs)b, Seyfert 1.
- 174 pc ($''$)⁻¹.
- H α + N II estendida 9'' parecendo um anel de formação estelar incompleto.
- Não existem regiões H II na barra.

Amostra e Observações

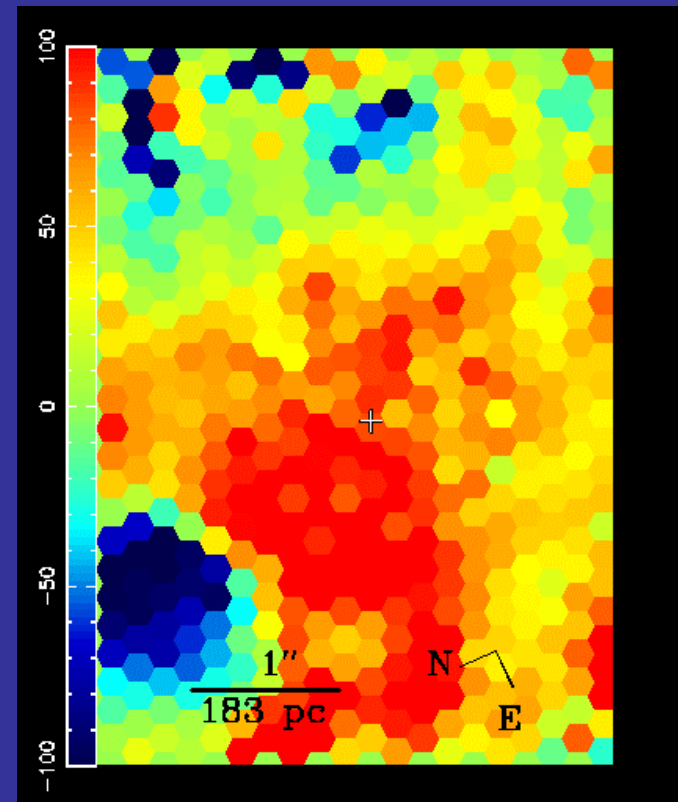
Nome	R.A.	Dec.	Tipo de Seyfert	z	Data	Fendas
NGC 2273	06h40m07s	60d04m50s	Sy2	0.007	02/2004	2
NGC 3227	10h23m30s	19d51m54s	Sy1.5	0.0038	12/2002	1
NGC 3516	11h06m47s	72d34m06s	Sy1.5	0.0088	12/2002	1
NGC 4051	12h03m09s	44d31m52s	Sy1.5	0.0023	03/2003	2
NGC 4593	12h39m39s	-05d20m39s	Sy1	0.009	02/2004	2
NGC 4941	13h04m13s	-05d33m06s	Sy2	0.0037	03/2003	2

NGC 3516

Fluxo na linha [S III]: emissão estendida para N



Velocidade radial do gás



Velocidade do gás – estrelas: “outflow” para N. “Inflow” ao lado!

Introdução

- Estudos cinemáticos sobre galáxias ativas começaram com cinemática do gás através da observação da Região de linhas estreitas estendidas) (ENLS, Wilson e colaboradores, Storhi-Bergmann e colaboradores, anos 1990). Poucos trabalhos existem sobre a cinemática estelar, principalmente devido à contribuição da componente nuclear que preenche as linhas de absorção estelares.
- Nelson & Whittle (1995) mediram dispersão de velocidades nucleares de cerca de uma centena de galáxias Seyfert e encontraram um resultado interessante: as dispersões de velocidades das Seyferts resultaram sistematicamente menores do que a de galáxias não ativas de mesma magnitude absoluta; sugeriram então uma menor razão Massa/Luminosidade para as galáxias Seyfert. Tal resultado foi também encontrado por estudos de dispersão de velocidades realizados no infravermelho, bandas H e K (Oliva, Origlia e colaboradores).
- Obs.: escalas amostradas da ordem de kiloparsecs nas galáxias

Introdução - cont.

- Recentemente foram concluídos alguns trabalhos sobre a cinemática estelar de galáxias ativas com melhor amostragem, correspondentes nas galáxias a dezenas de parsecs. Emsellem et al. (2001, 2004), Márquez et al. (2003) e outros mostram o comportamento da dispersão de velocidades em função da distância ao núcleo. Estes autores encontram que, para algumas galáxias ativas, bem como para galáxias Starburst, há um decréscimo da dispersão de velocidades do núcleo com relação às regiões circumnucleares, em escalas de dezenas a centenas de parsecs.
- Tal comportamento é denominado na literatura σ -drop.