



# Universidade: presente!



21. 25. OUTUBRO • CAMPUS DO VALE

XXXI SIC

## Busca por relíquias: galáxias massivas e compactas no Universo local



Aluno: Felipe Schmidt Lohmann  
Orientador: Allan Schnorr Müller



### Introdução

Observações em alto *redshift* revelaram que uma população de galáxias massivas e quiescentes (chamadas *red nuggets*) já existia em  $z \sim 2$ . Ao compararmos esses objetos com galáxias quiescentes massivas do universo local, sendo estas suas prováveis descendentes, vemos que eles são muito mais compactos, o que sugere que passam por uma forte mudança em seu tamanho ao longo do tempo (Trujillo et al. 2007). Simulações sugerem que esta evolução no tamanho é devida a, principalmente, *mergers* com outras galáxias (Naab et al. 2009).

Já que *mergers* ocorrem de forma estocástica, espera-se que exista uma população de galáxias no universo local que não sofreram esses processos desde que se tornaram quiescentes. Essas galáxias são chamadas de galáxias relíquia e devem ter a mesma morfologia e cinemática que as *red nuggets*. Por meio do seu estudo, podemos obter pistas sobre a formação de galáxias quiescentes massivas em alto *redshift* e melhor compreender como estas galáxias se transformaram nas galáxias *early-type* locais.

### Objetivo

Caracterizar a cinemática e as propriedades das populações estelares de galáxias compactas massivas a fim de verificar se são condizentes com o esperado de galáxias relíquia.

### Metodologia

A amostra analisada consiste em 87 galáxias locais do levantamento MaNGA, selecionadas respeitando os seguintes critérios:

1. Massa estelar:  $10^{10.5} M_{\odot} < M_{*} < 10^{11.5} M_{\odot}$ ;
2. O tamanho do semi-eixo maior da elipse de meia luz está pelo menos  $1\sigma$  abaixo do tamanho mediano para galáxias *early-type* com a mesma massa.

A fim de verificar se galáxias massivas compactas possuem uma cinemática distinta de galáxias massivas de tamanho normal, construímos uma amostra controle com 174 objetos com tamanho normal, no caso dentro de  $1\sigma$  do tamanho mediano para uma dada massa. Os objetos foram pareados por  $\sigma_e$ , definido como a dispersão de velocidades medida em uma abertura de um raio efetivo  $R_e$  e por taxa de formação estelar específica.

A partir de dados de espectroscopia de campo integral, mapas de velocidade ( $V$ ), dispersão de velocidades ( $\sigma$ ) e dos parâmetros de Gauss-Hermite  $h_3$  e  $h_4$  foram construídos usando o código pPXF (Capellari 2017), que mede esses parâmetros cinemáticos a partir do ajuste de espectros sintéticos ao contínuo e linhas de absorção estelares no intervalo espectral 3700-7000 Å. Com isso, pôde-se comparar o suporte rotacional ( $V/\sigma$ ) de nossa amostra com o da amostra controle.

O terceiro momento de Gauss-Hermite ( $h_3$ ) foi medido pois simulações apontam que a presença de uma forte anticorrelação entre  $h_3$  e  $V/\sigma$  indica um histórico de poucas ocorrências de *mergers* (Hoffman et al. 2009; Yıldırım et al. 2017). O trabalho mostra, portanto, a relação existente entre  $h_3$  e o suporte rotacional para as galáxias de nossa amostra.

### Resultados

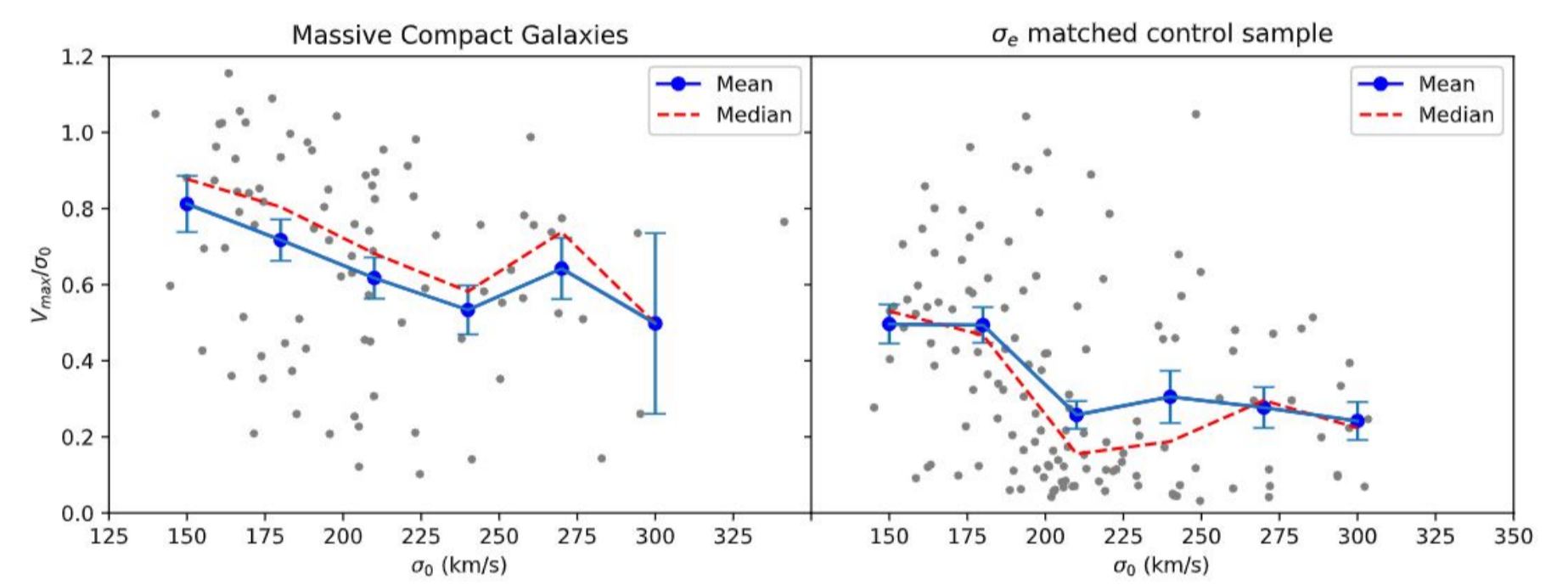


Figura 1: Distribuição de  $V_{\max}/\sigma_0$  para as duas amostras, onde  $V_{\max}$  é o pico da curva de rotação estelar e  $\sigma_0$  é a dispersão de velocidades no pixel central. As galáxias compactas apresenta maior suporte rotacional que as galáxias controle.

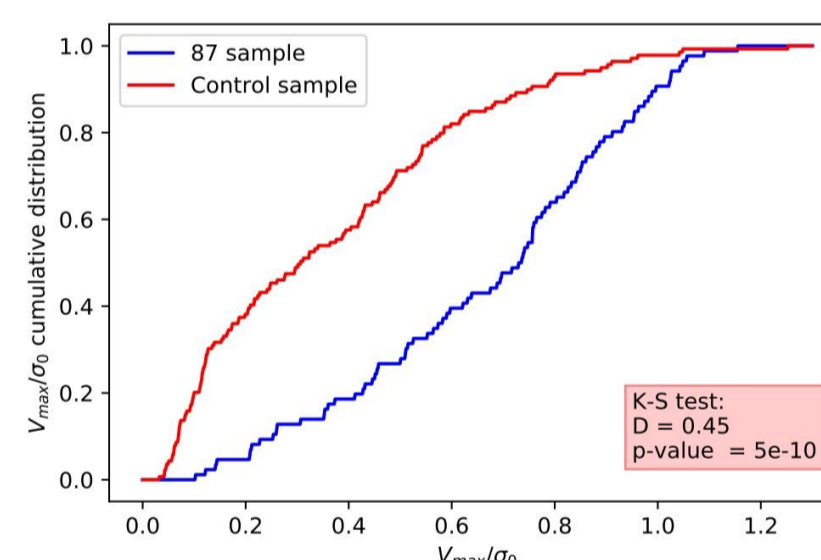


Figura 2: Teste Kolmogorov-Smirnov para as duas amostras.

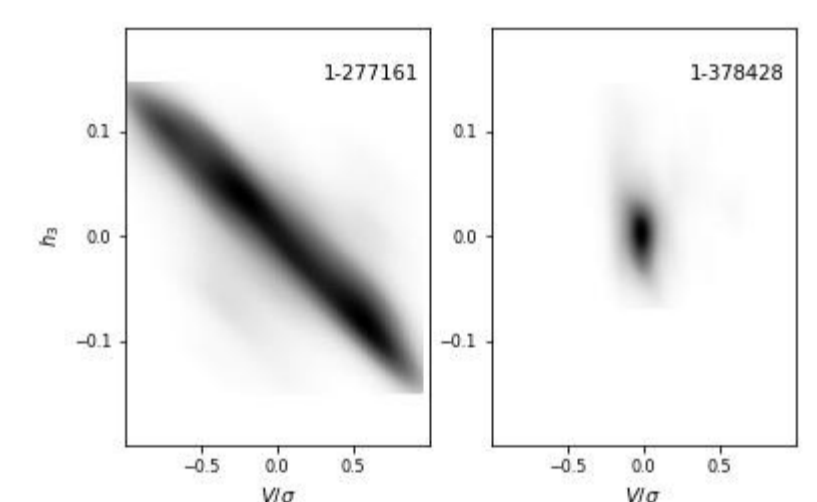


Figura 3: Relação entre o suporte rotacional e  $h_3$  para duas galáxias representativas dos demais objetos da amostra. A galáxia 1-277161 mostra uma forte anticorrelação entre  $h_3$  e  $V/\sigma$ , o que sugere que foi formada em um *major merger* rico em gás. Já a galáxia 1-378428 não apresenta tal correlação, o que sugere que esse objeto passou por um *major merger* pobre em gás. A maior parte (~80%) da amostra apresenta uma forte correlação entre  $h_3$  e  $V/\sigma$ .

### Conclusões

- A amostra de galáxias compactas tem, em média, um suporte rotacional maior do que o da amostra controle;
- Vários objetos da amostra (~80%) apresentam uma forte anticorrelação entre  $h_3$  e  $V/\sigma$ ;
- A presença de uma anticorrelação entre  $V/\sigma$  e  $h_3$  para grande parte das galáxias massivas compactas indica que esses objetos se formaram em *major mergers* ricos em gás, exatamente o esperado para galáxias relíquias;
- O maior suporte rotacional das galáxias massivas compactas comparadas às galáxias controle está de acordo com um cenário com que esses objetos não passaram por *major mergers* pobres em gás desde sua formação;
- Porém, para confirmar se essas galáxias são de fato relíquias, são necessárias também medidas da cinemática e das propriedades das populações estelares para raios maiores.

### Referências

- [1] I. Trujillo, C. J. Conselice, K. Bundy, M. Cooper, P. Eisenhardt, and R. S. Ellis, "Strong size evolution of the most massive galaxies since  $z \sim 2$ ," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 382, no. 1, pp. 109–120, 2007.
- [2] T. Naab; P. H. Johansson; J. P. Ostriker, "Minor mergers and the size evolution of elliptical galaxies," *The Astrophysical Journal Letters*, v. 699, n. 2, p. L178, 2009.
- [3] A. B. Newman, S. Belli, R. S. Ellis, and S. G. Patel, "Resolving quiescent galaxies at  $z > 2$ . ii. direct measures of rotational support," *The Astrophysical Journal*, vol. 862, no. 2.p. 126, 2018.
- [4] L. Hoffman, T. J. Cox, S. Dutta, and L. Hernquist, "The imprint of dissipation on the shapes of merger remnant losvds," *The Astrophysical Journal*, vol. 705, no. 1, p. 920, 2009.
- [5] A. Yıldırım, R. C. van den Bosch, G. van de Ven, I. Mart ín-Navarro, J. L. Walsh, B. Hu-semann, K. Gültekin, and K. Gebhardt, "The structural and dynamical properties of compact elliptical galaxies," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 468, no. 4, pp. 4216–4245, 2017.
- [6] M. Capellari, "Improving the full spectrum fitting method: accurate convolution with Gauss-Hermite functions," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 466, no. 1, pp. 798-811, 2017.