

EVOLUÇÃO DE GALÁXIAS ELÍPTICAS EM AMBIENTE DE ALTA DENSIDADE

Tatiana Moura

Orientador: Reinaldo Ramos de Carvalho

Workshop Divisão de Astrofísica- INPE

São José dos Campos – Abril/2017

Grupos Compactos de Galáxias

- São grupos formados por 4 a 10 galáxias com dispersão de velocidades moderada (~ 300 km/s) e alta densidade espacial;
- Primeiro grupo compacto (GC) observado foi o Quinteto de Stephan em 1877;
- Primeiro catálogo de GCs foi produzido por Shakhbazyan (1973);
- O catálogo mais utilizado na literatura é o definido em Hickson (1982) ao analisar placas fotográficas do *Palomar Observatory Sky Survey* (POSS). Total de 100 grupos identificados, os denominados “Grupos de Hickson” (HCG – do inglês *Hickson Compact Groups*);



Quinteto de Stephan
[Hubble Space Telescope]

▪ Os HCGs satisfazem os seguintes critérios:

i. População: $N_{membros} \geq 4$;



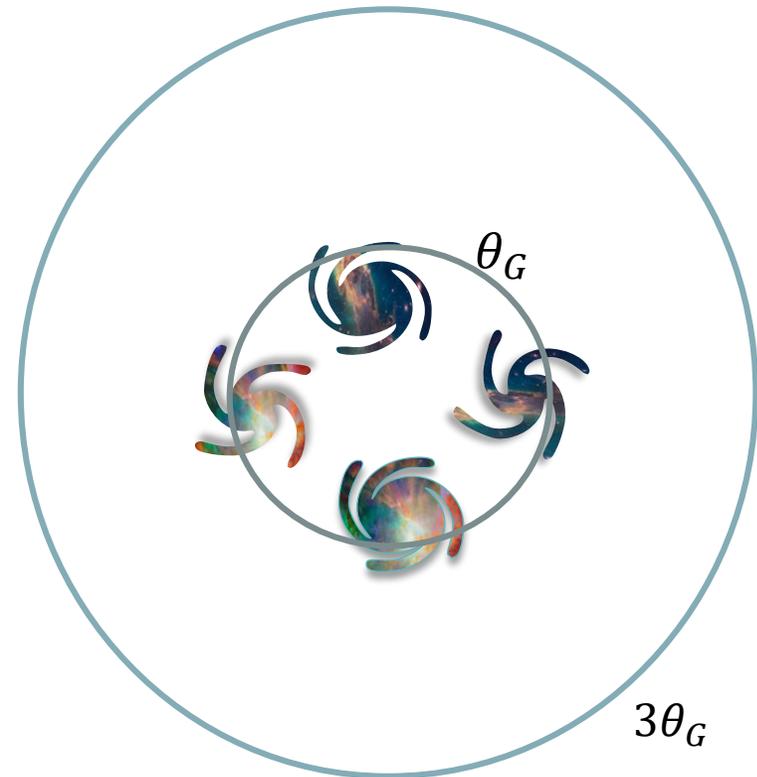
- Os HCGs satisfazem os seguintes critérios:
 - i. População: $N_{membros} \geq 4$;
 - ii. Compactação: $\mu_G < 26 \text{ mag/arcsec}^2$;



- Os HCGs satisfazem os seguintes critérios:
 - i. População: $N_{membros} \geq 4$;
 - ii. Compactação: $\mu_G < 26 \text{ mag/arcsec}^2$;
 - iii. Isolamento: $\theta_N \geq 3\theta_G$

Diâmetro angular do menor círculo que engloba os centros das galáxias

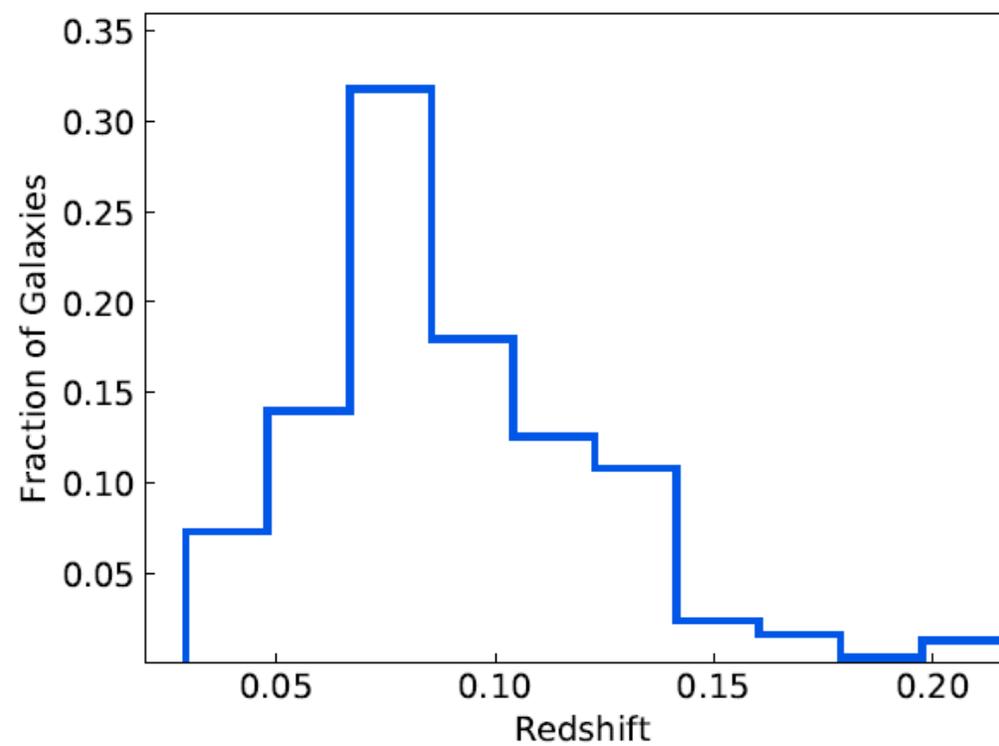
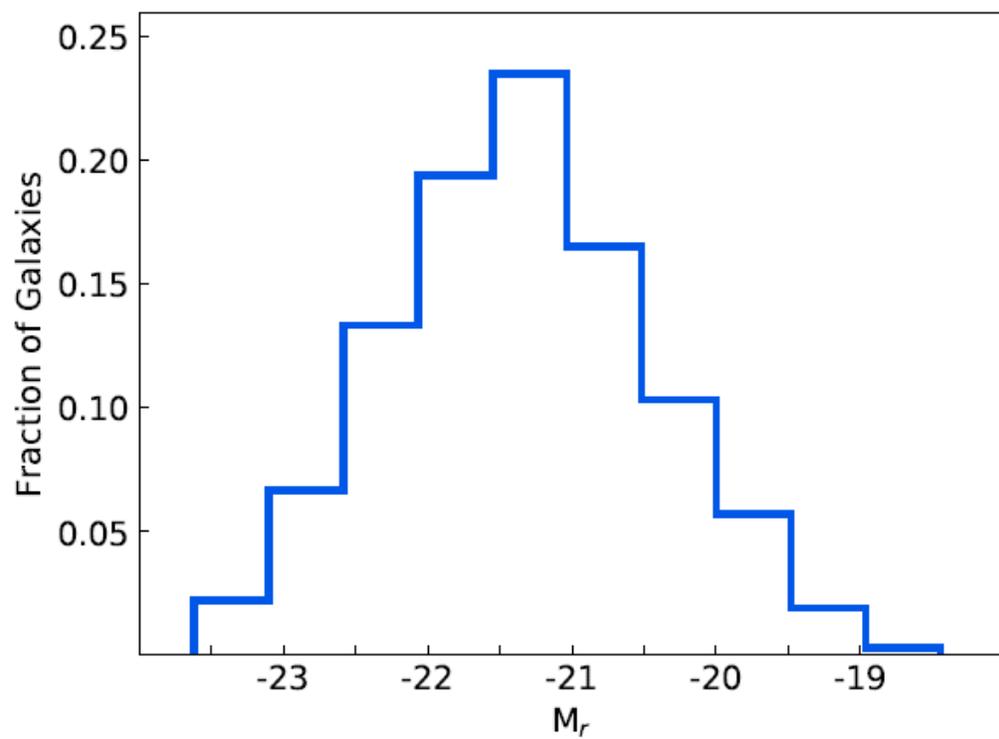
Diâmetro angular do maior círculo concêntrico sem a presença de galáxias com magnitude no intervalo $[m_B, m_B + 3]$



Amostra de GCs

Catálogos	McConnachie et al. 2009
Banco de dados	Sexta versão do Sloan Digital Sky Survey (SDSS – DR6)
Definição de GCs	Aplicação dos critérios de Hickson
Total de objetos	Catálogo A ($14.5 \leq m_r \leq 18$): 2297 GCs (9713 galáxias)
Total de objetos com medidas de redshifts	4131 galáxias
Objetos com informação espectroscópica no banco de dados do SDSS-DR12	5 383 galáxias (2008 GCs)
Com redshift concordante	629 galáxias (151 GCs)

→ Critério do *redshift* concordante:
 $\Delta v < 1000$ km/s

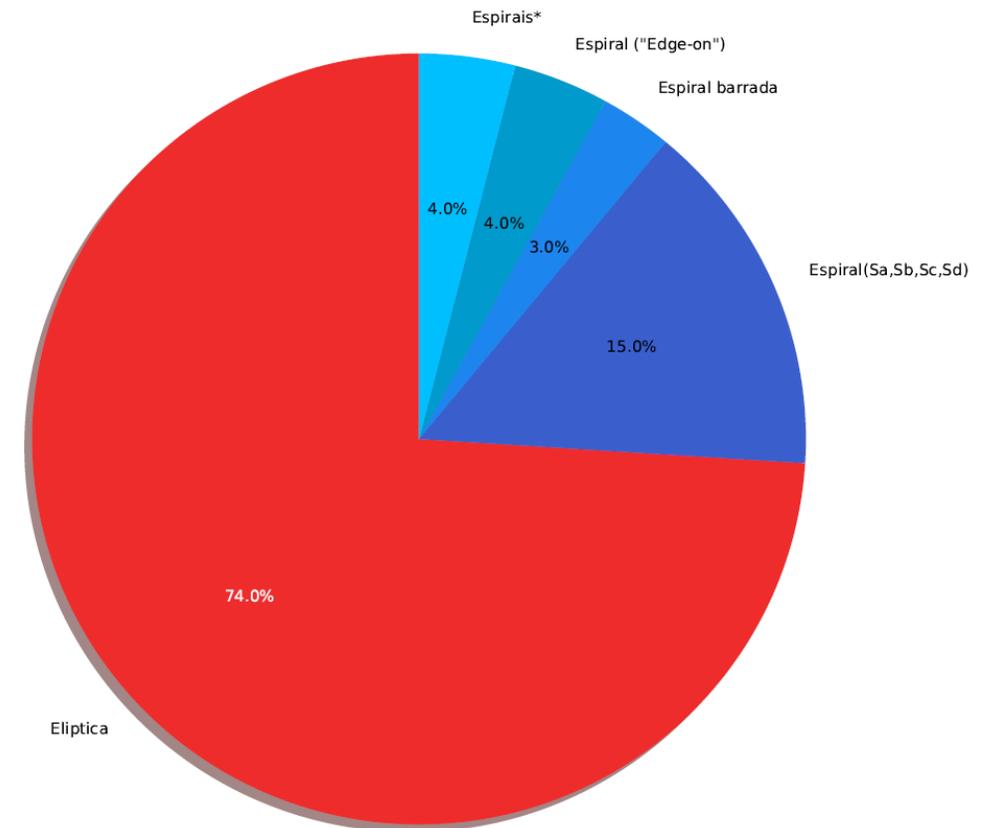


Distribuição de magnitude absoluta e *redshift* da amostra do catálogo de MC09.

Amostra de ETGs (*Early Type Galaxies*)

- Classificação visual das 629 galáxias de nossa amostra pela aplicação do método aplicado no Projeto Galaxy Zoo II¹;
- Total de cinco colaboradores responderam ao formulário com base em uma imagem de uma galáxia da amostra;
- Classificação final utilizando a mesma árvore de decisão do Galaxy Zoo II.

Amostra de ETGs em GCs: 461 galáxias



Classificação morfológica da amostras em CGs.

¹ www.galaxyzoo.org

Amostra de Campo

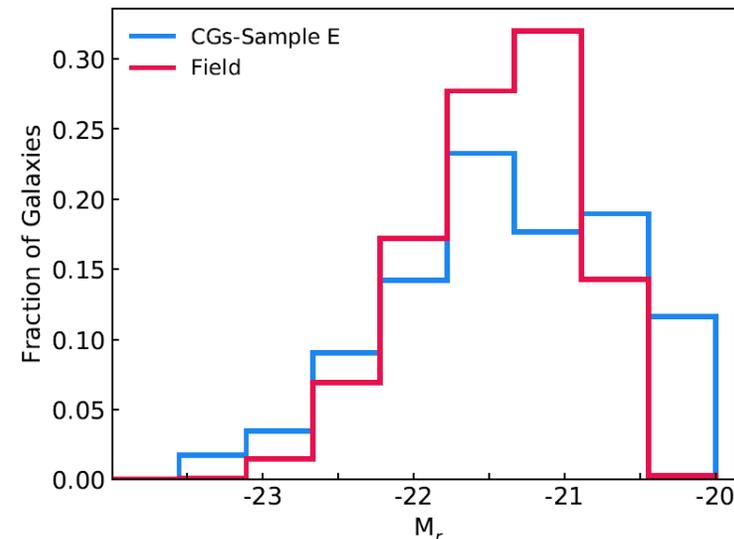
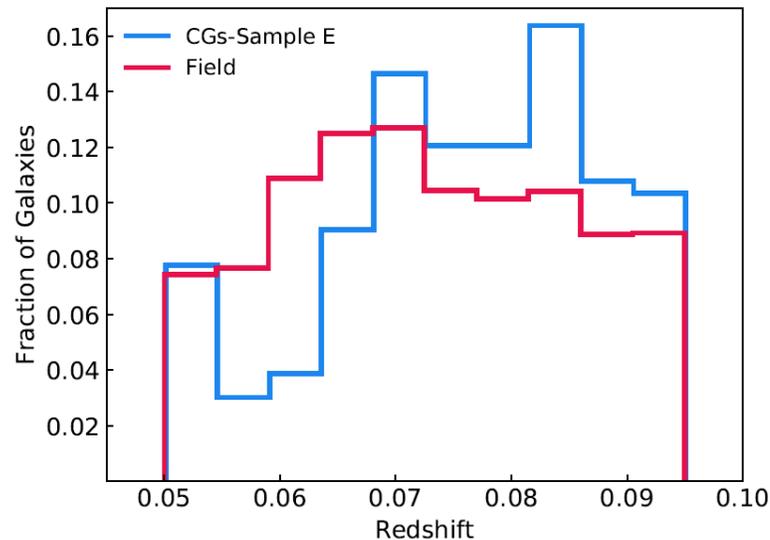
- Para compararmos os efeitos do ambiente na evolução de galáxias elípticas, selecionamos uma amostra de galáxias presentes em ambientes de baixa densidade (campo). Utilizamos a amostra de elípticas no campo selecionada por La Barbera et al. 2010 composta por 11 383 galáxias com espectro disponível no banco de dados do SDSS DR12 e distribuídas no intervalo de *redshift* $0.05 < z < 0.095$ e com magnitude absoluta $M_r < -20$;
- Procuramos pelos objetos da amostra de campo no catálogo do Galaxy Zoo II e 8 264 galáxias apresentam classe morfológica determinada no catálogo;

Amostra de ETGs no campo: 4874 galáxias

Amostras para comparação de resultados

- Seleccionamos uma sub-amostra de ETGs em GCs compostas pelas galáxias no mesmo regime de redshift ($0.050 \leq z \leq 0.095$) e magnitude absoluta da amostra de campo ($M_r \leq -20$). Essa sub-amostra é utilizada na comparação dos resultados

Amostra de comparação de ETGs em GCs (“ Amostra E ”): 232 galáxias

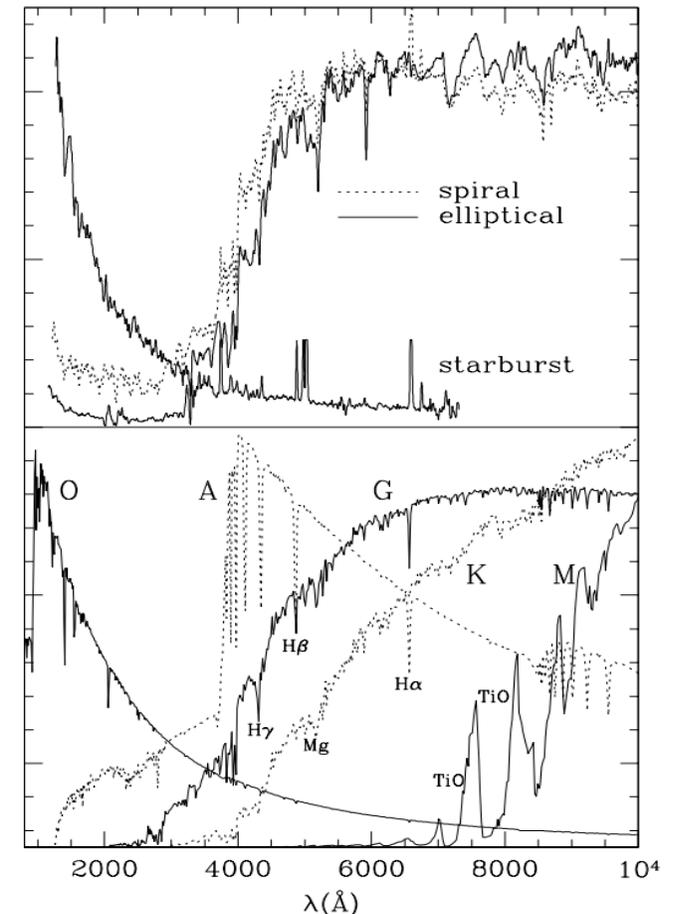


Distribuição em redshift e M_r para a sub-amostra de ETGs em GCs (Amostra E- 232 galáxias) e para amostra de ETGs no campo (4874 galáxias).

População estelar de ETGs em GCs

- Síntese de População Estelar

- O espectro de uma galáxia pode ser considerado como a soma das contribuições de diversas populações estelares;
- Por sua vez, as populações estelares que compõem o espectro de uma galáxia podem ser representadas por *Single Stellar Population* (SSP), isto é, população estelar formada na mesma época e de mesma composição química;



Exemplo de espectros de galáxias (painel superior) e estrelas (inferior)

[*Synthetic Stellar Populations* - Guy Worthey]

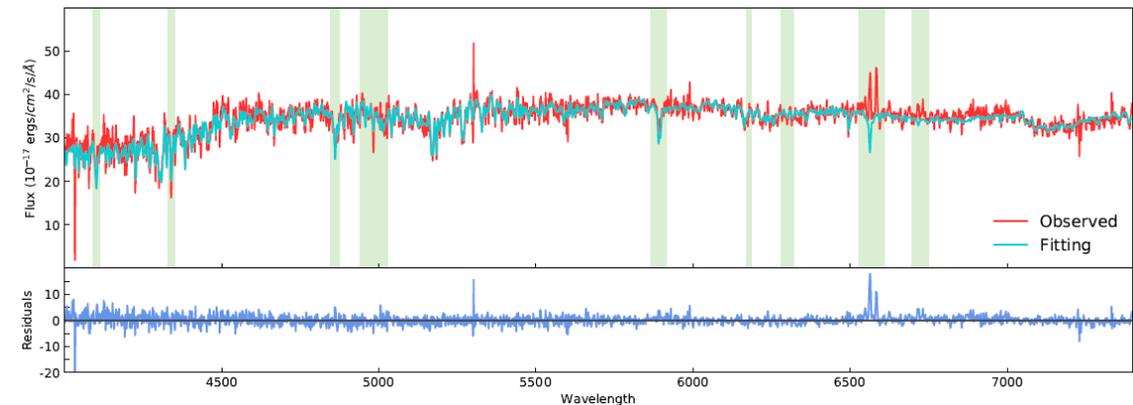
Técnica de Síntese de População Estelar



Recuperar o espectro observado de uma galáxia através da combinação linear de SSPs

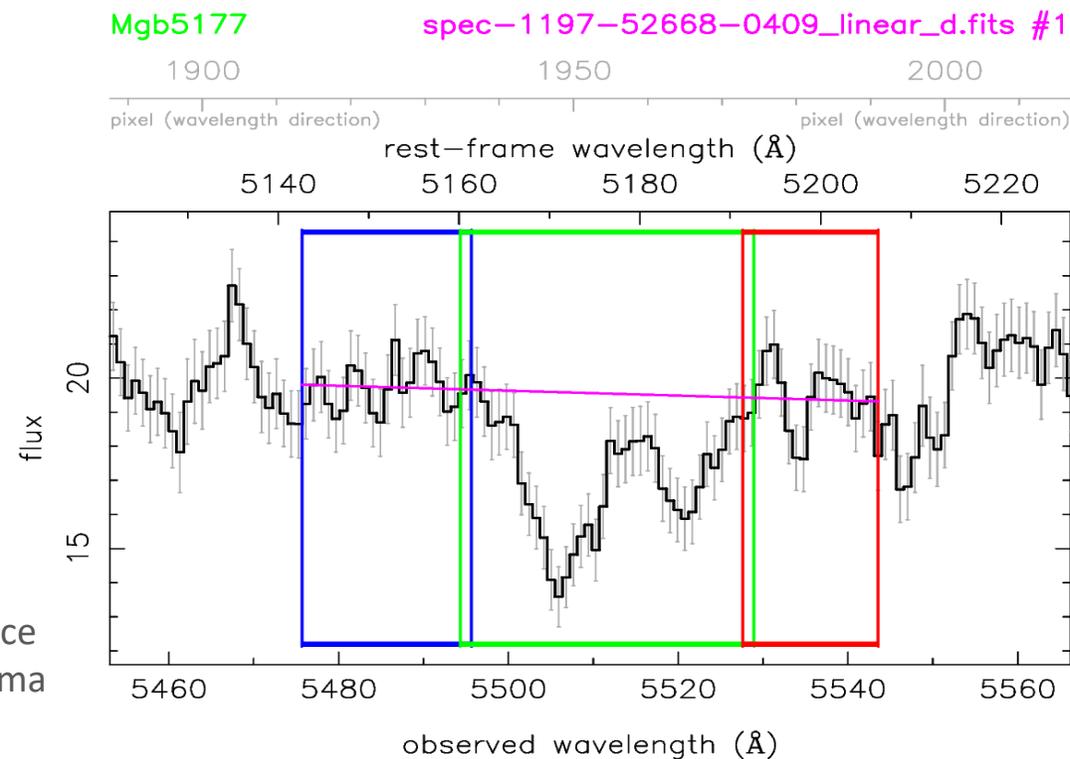
Programas de Síntese de População Estelar

- STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005)
- Ajuste de todo o espectro;
- O espectro modelado é uma função : do vetor de população estelar (\vec{x} que é a fração de luz de uma dada SSP de idade t e metalicidade Z_j), extinção e da distribuição Gaussiana de velocidade, centralizada em v_* e com dispersão σ_*



Exemplo de ajuste dado pelo programa STARLIGHT

- Indexf (Cardiel et al. 2003)
- Medida da largura equivalente de uma linha espectral → Índice espectral
- Índices calculados:
 - $\langle Fe \rangle = Fe5270 + Fe5335/2$ (estimativa de metalicidade)
 - $Mgb5177$ (estimativa de $[\alpha/Fe]$)



Exemplo de medida de índice espectral dado pelo programa Indexf (Cardiel et al. 2003)

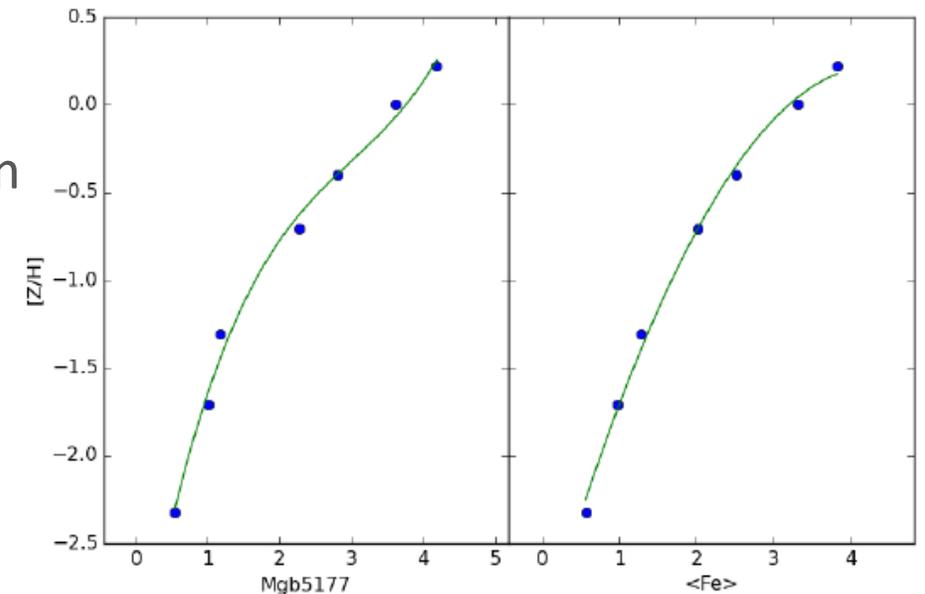
Resultados : Parâmetros de população estelar

Método Híbrido

- Idade dada pelo STARLIGHT;
- $[Z/H]$ e $[\alpha/Fe]$ como descrito em La Barbera et al. 2013 : o proxy de $[Z/H]$ (Z_{Fe}) é obtido do ajuste de um polinômio de segundo grau aos pontos de $[Z/H] \times \langle Fe \rangle$. O proxy de $[\alpha/Fe]$ é dado pela razão :

$$\frac{Z_{Mgb}}{Z_{Fe}} \equiv Z_{Mgb} - Z_{Fe}$$

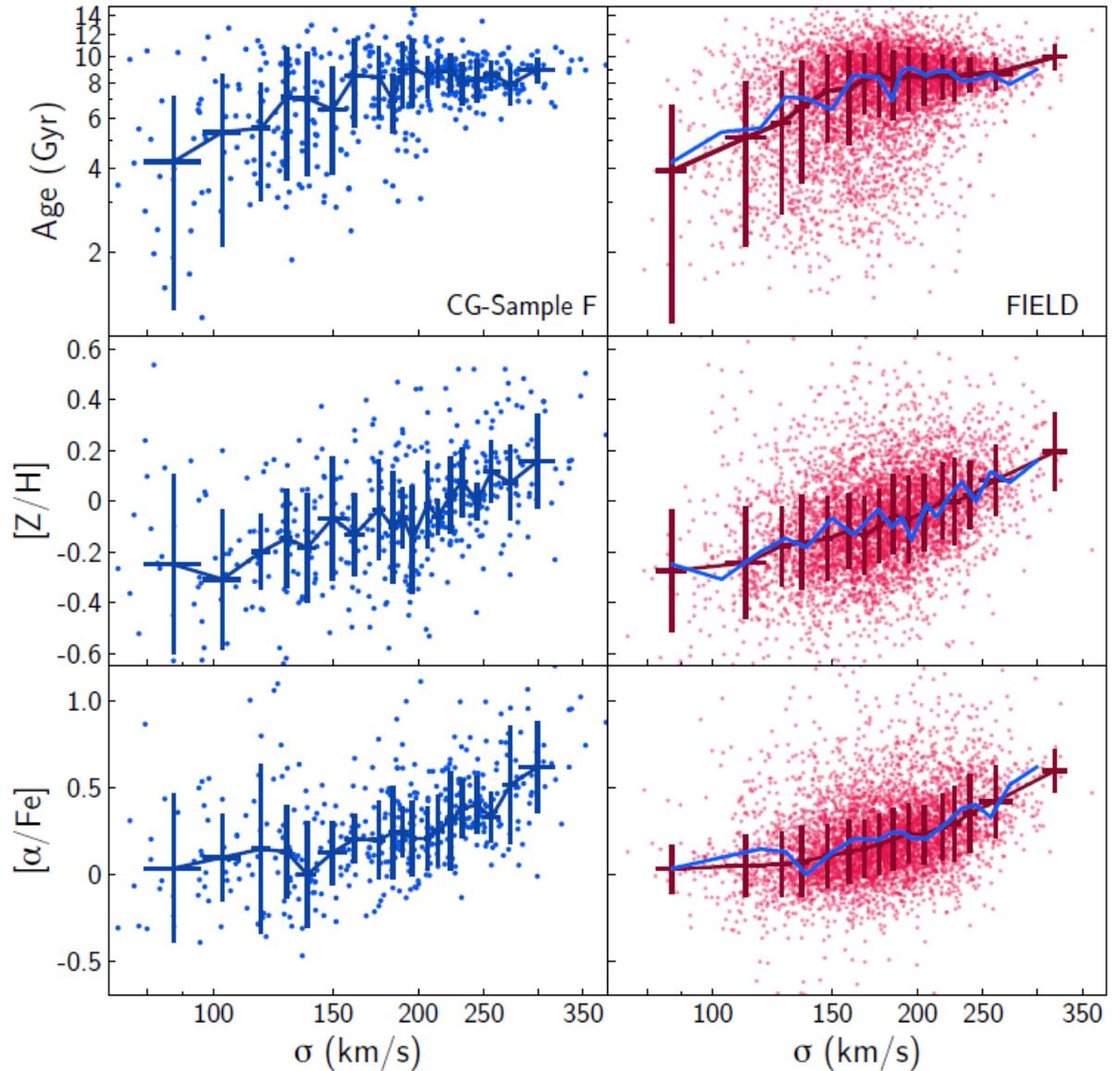
- Os valores de Mgb e $\langle Fe \rangle$ usados no ajuste polinomial foram extraídos do modelo de Vazdekis et al. 2010.

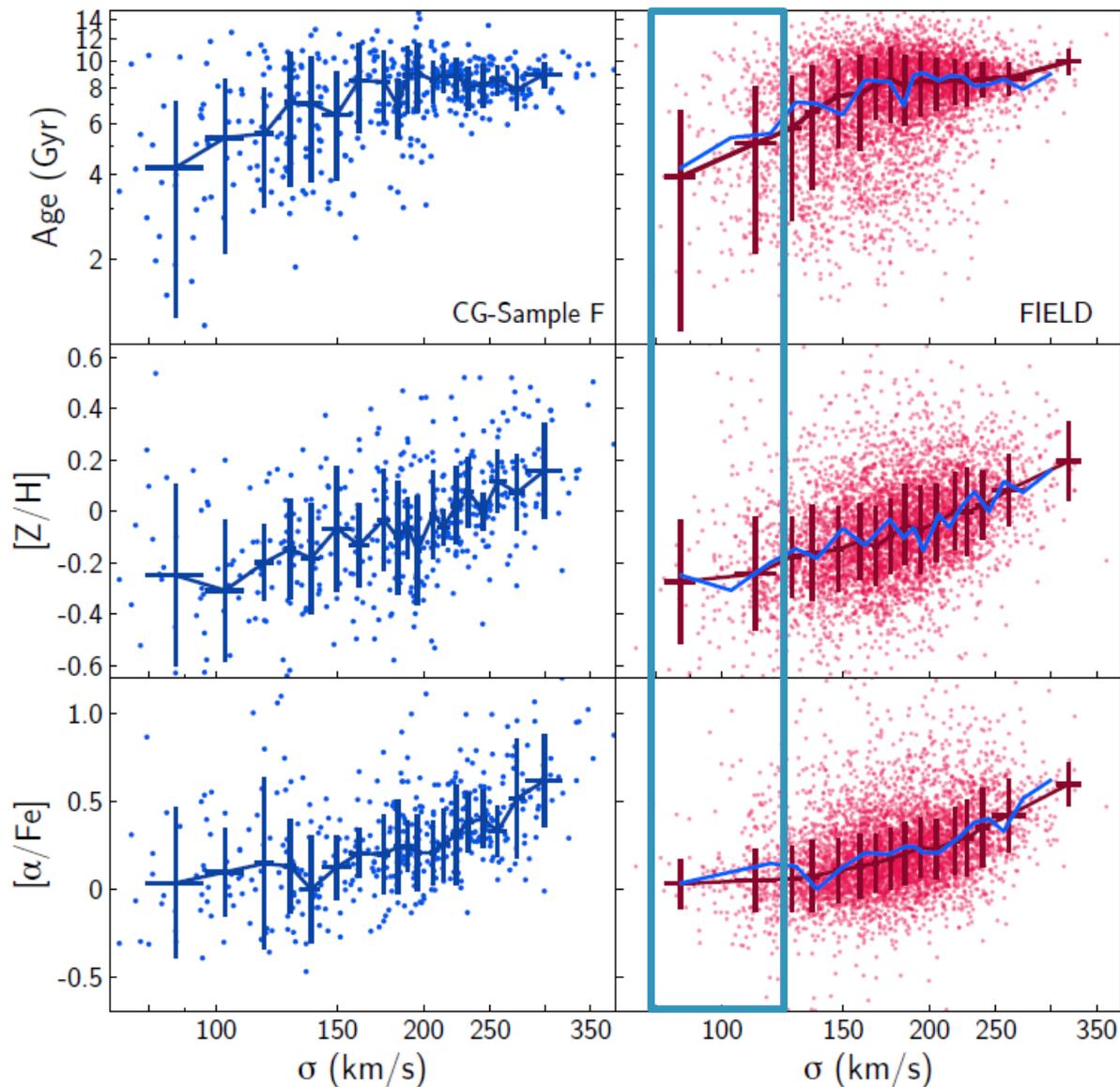


Exemplo de ajuste polinomial realizado para cálculo do proxy de metalicidade e enriquecimento químico

Discussão

- Nossos resultados podem ser sumarizados da seguinte forma:
 - Galáxias com massas estelares maiores são mais velhas do que as de menor massa que apresentam formação estelar recente;
 - Galáxias no campo e em GCs apresentam o mesmo comportamento na metalicidade. Esse resultado reforça o cenário de que poço de potencial de galáxias massivas retém o gás enriquecido de metal enquanto as galáxias de baixa massa o perdem por ventos galácticos (Geggio,1997);
 - O $[\alpha/Fe]$ aumenta com a massa dinâmica do sistema em ambos os ambientes.





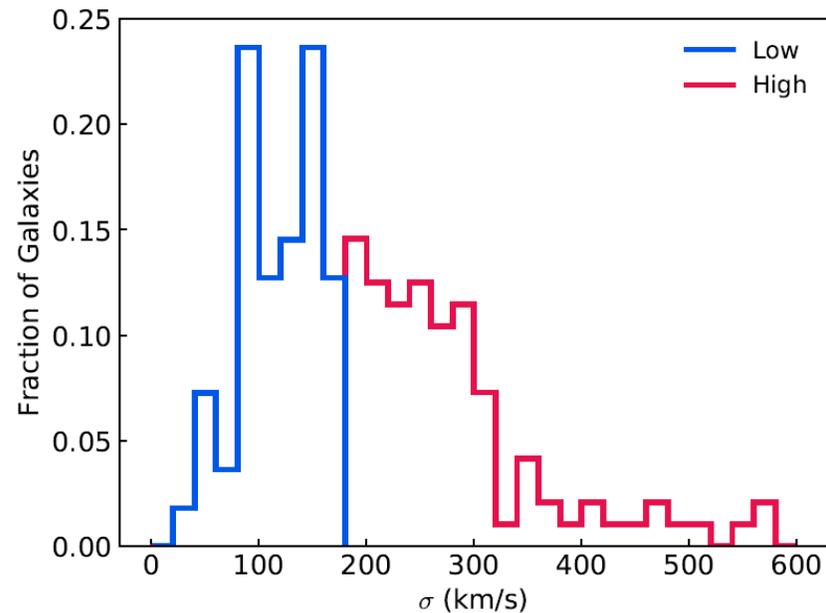
Regime de baixa dispersão de velocidade
($\sigma \leq 120$ km/s):

- Galáxias em GCs são mais velhas quando comparadas a do campo (~ 1 Gyr)
- $[Z/H]$ de galáxias em GCs são mais baixas do que a de galáxias do campo
- $[\alpha/Fe]$ mais alto para galáxia em GCs

- Uma interpretação para nossos resultados é de que na verdade a escala de tempo de coalescência de galáxias em GCs é maior do que a prevista (Diaferio et al.1994), uma vez que as propriedades da população estelar de galáxias elípticas em GCs e no campo são consistentes entre si.
- Um cenário possível é o de que GCS são formados pela acreção de galáxias de campo em halos de matéria escura que não possuem bárions.

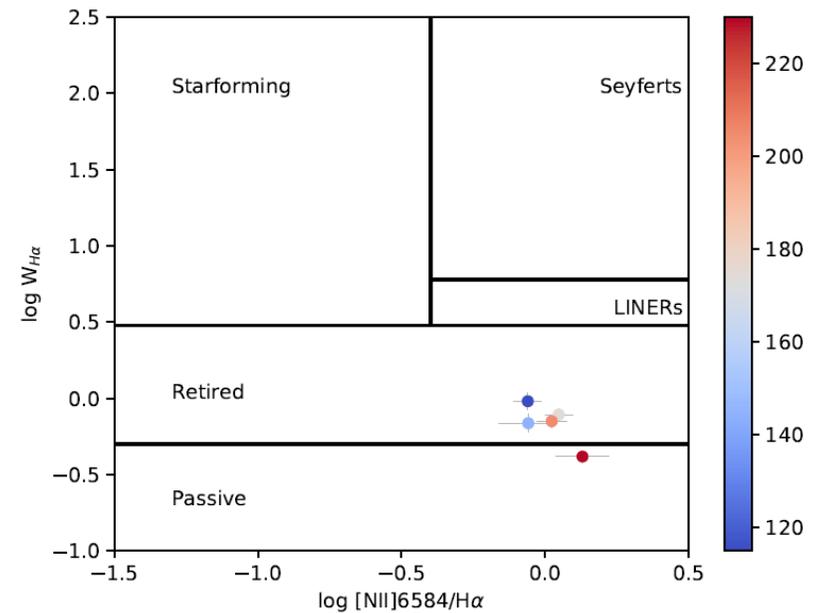
Demais análises

- Dinâmica



A amostra de 151 GCs pode ser separadas em dois grupos dinâmicos de baixa e alta dispersão de velocidade

- Atividade



Análise do tipo de atividade nas galáxias de nossas amostras pela construção de diagrama de diagnóstico BPT e WHAN.

FIM

Quinteto de Stephan – Telescópio Hubble

