

# EVOLUÇÃO DE GALÁXIAS ELÍPTICAS EM AMBIENTES DE ALTA DENSIDADE

---

Tatiana Moura

Orientador: Reinaldo Ramos de Carvalho

Workshop Divisão de Astrofísica- INPE

São José dos Campos - Maio/2016

# Grupos compactos de galáxias

- São grupos formados por 4 a 10 galáxias com dispersão de velocidades moderada ( $\sim 300$  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);



Quinteto de Stephan  
[Hubble Space Telescope]

# Grupos Compactos de Hickson

- 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*);

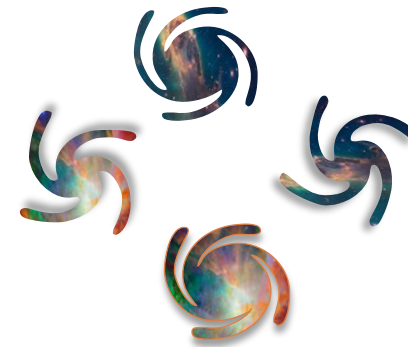


HCG 31 – Na imagem podemos ver duas galáxias interagindo (esquerda).  
[Hubble Space Telescope Gallery]

- 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:  $\mu_G < 26 \text{ mag/arcsec}^2$ ;

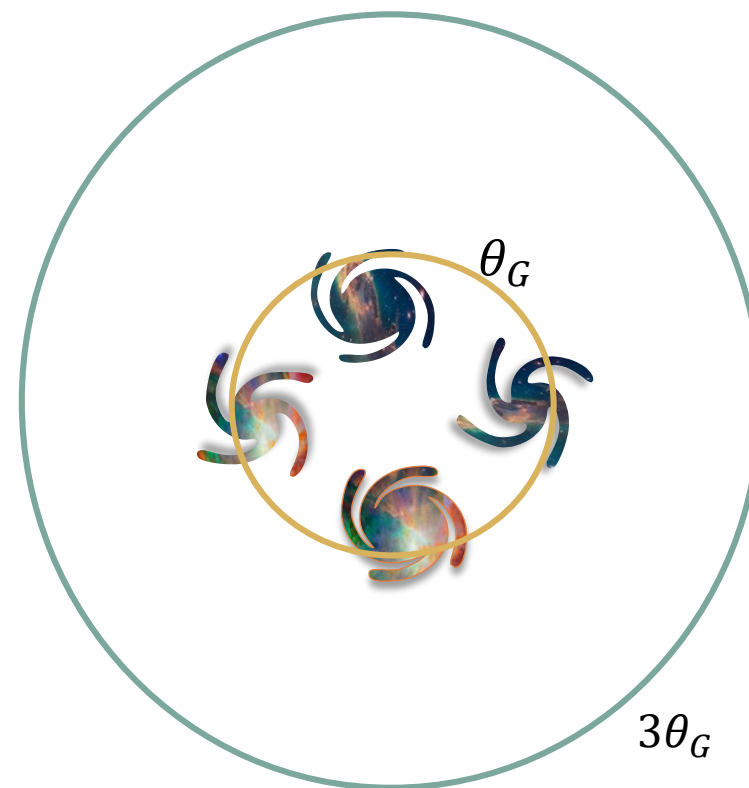


- Os HCGs satisfazem os seguintes critérios:

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

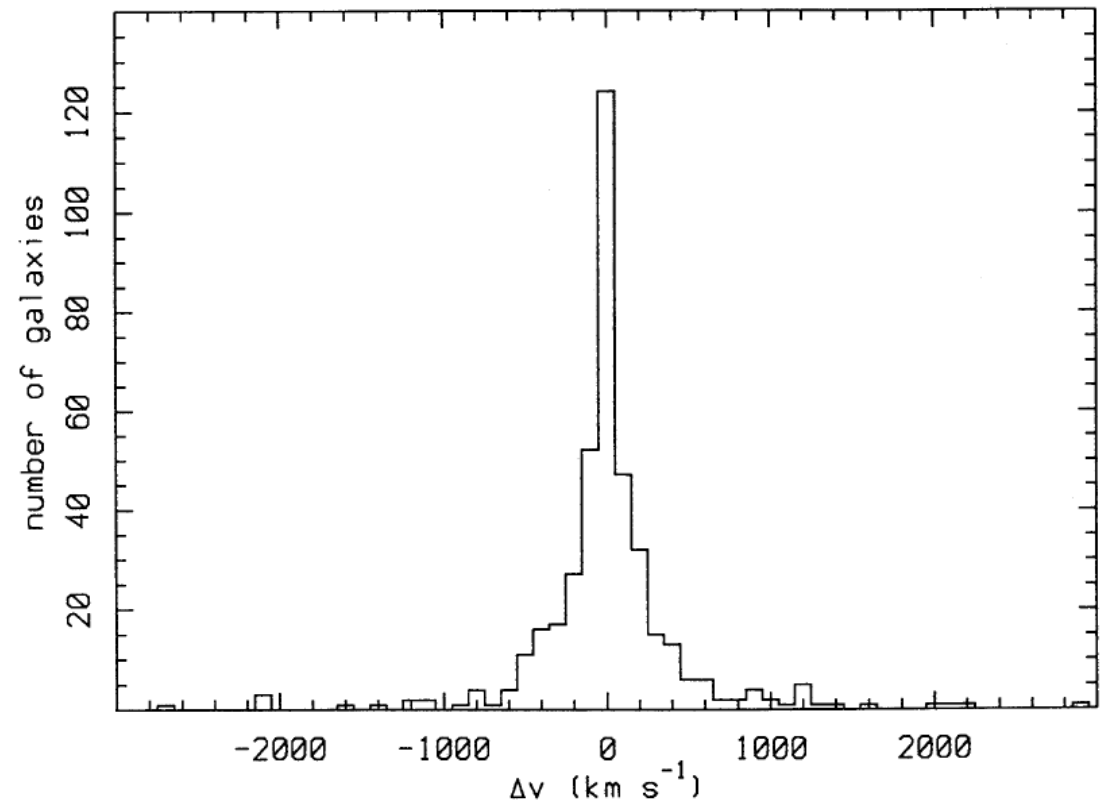
Diâmetro angular do menor círculo que engloba os centros das galáxias

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



- Hickson et al. (1992):
  - Pela medida da velocidade radial das galáxias pertencentes a HCGs, 69% desses grupos apresentam velocidade concordante e com  $\Delta v < 1000$  km/s onde  $\Delta v$  é a diferença entre a velocidade da galáxia e a velocidade média do grupo.

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



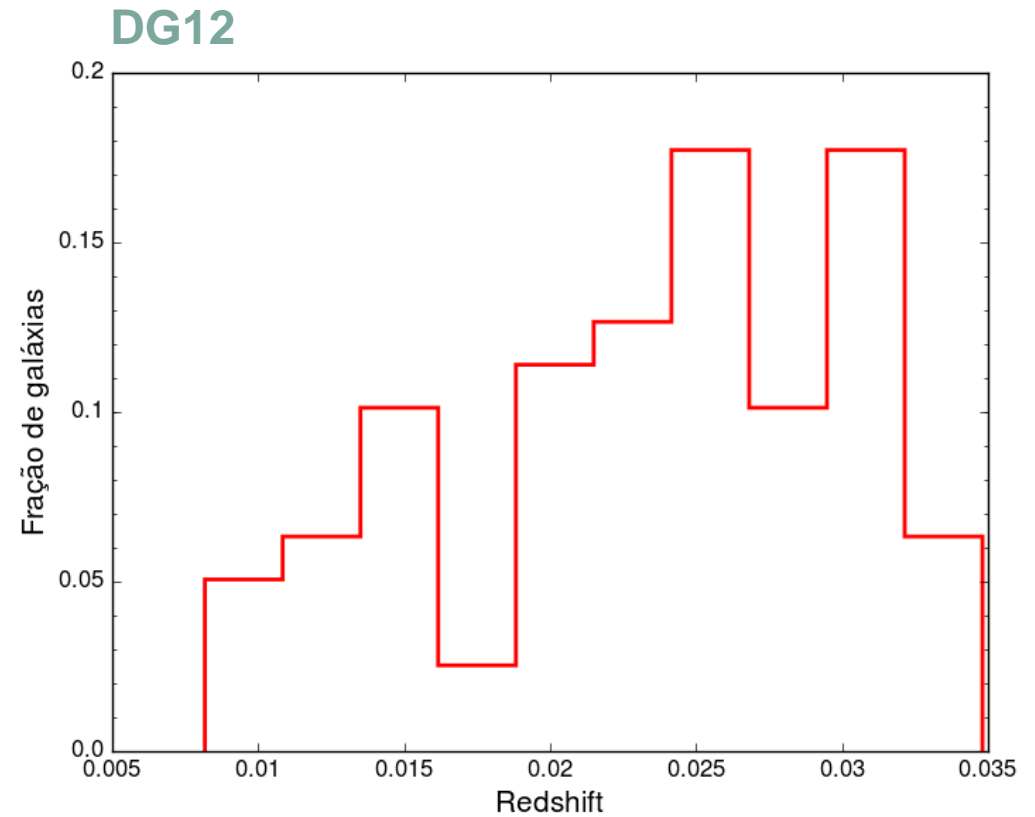
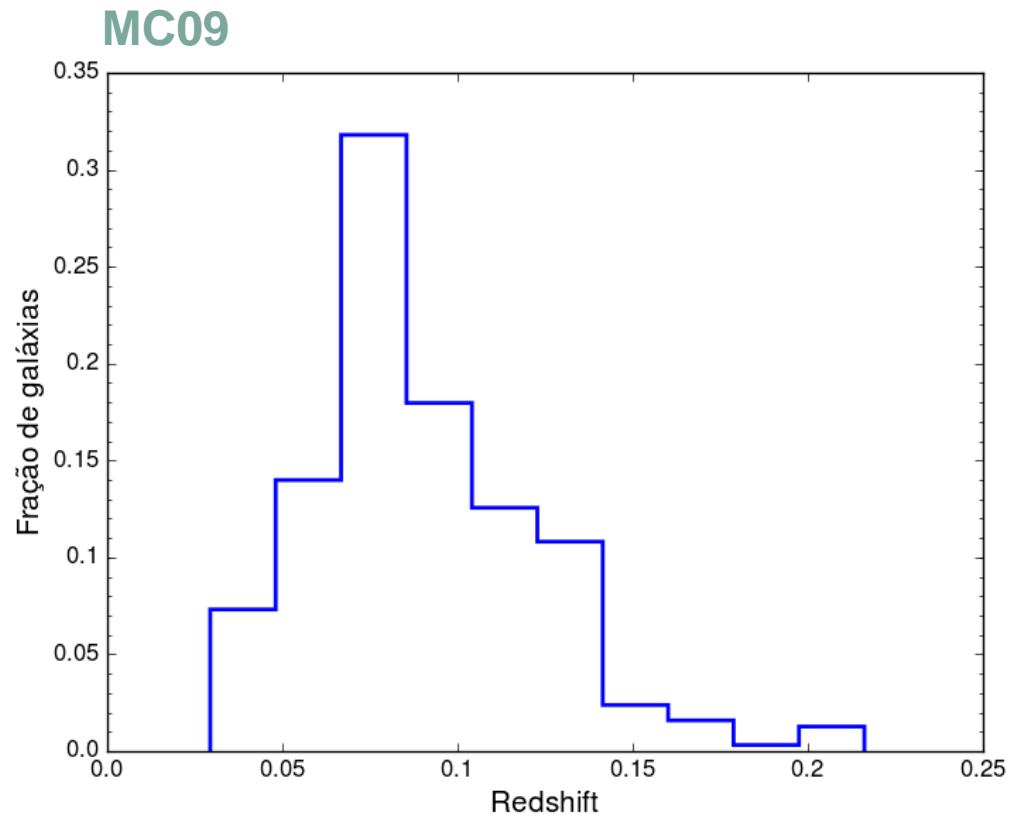
Distribuição de velocidade radial para as galáxias da amostra de Hickson  
[Hickson et al. 1992]

# Amostra de GCs

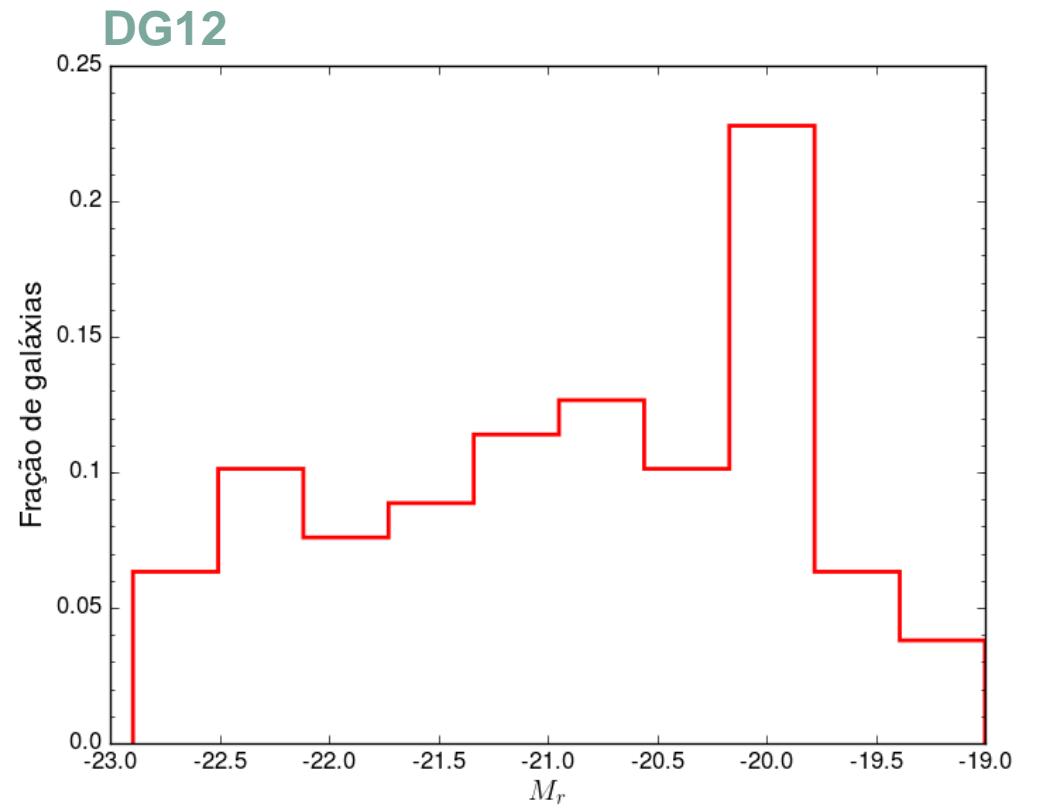
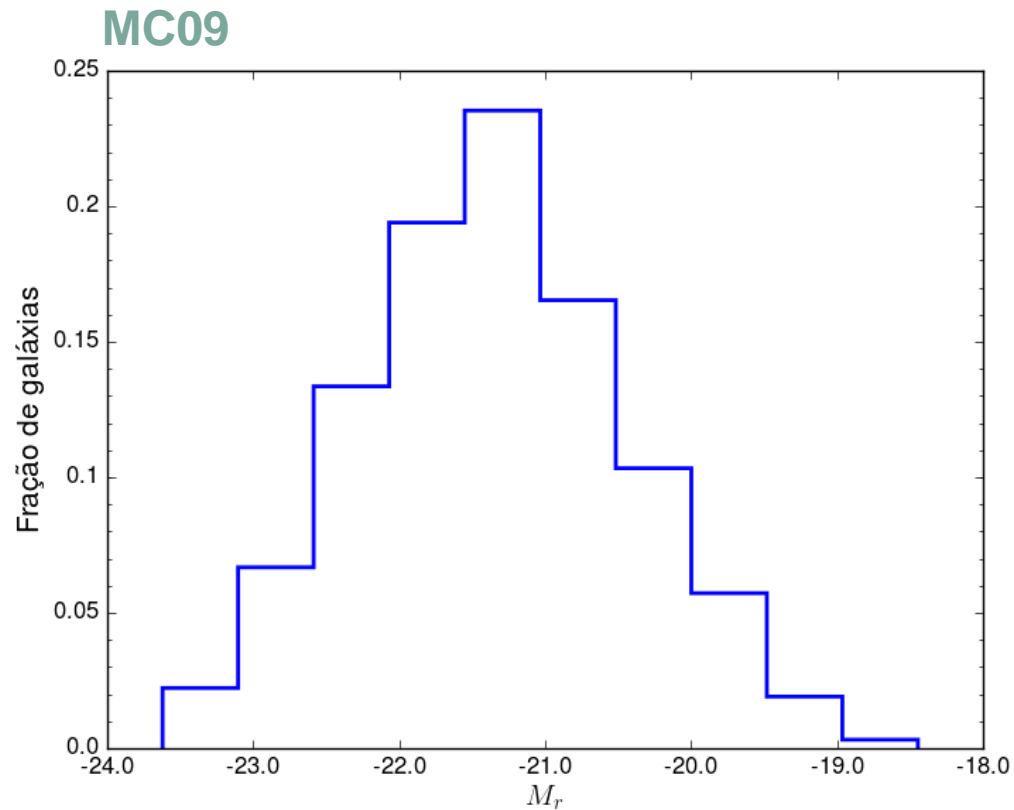
<b>Catálogos</b>	<b>McConnachie et al. 2009</b>	<b>Díaz-Gimenez et al. 2012</b>
Banco de dados	Sexta versão do Sloan Digital Sky Survey (SDSS – DR6)	2 Micron All Sky Survey
Definição de GCs	Aplicação dos critérios de Hickson	Aplicação dos critérios de Hickson
Total de objetos	Catálogo A ( $14.5 \leq m_r \leq 18$ ): 2297 GCs (9713 galáxias)	85 GCs (364 galáxias)
Total de objetos com medidas de redshifts	4131 galáxias	364 galáxias



Catálogos	McConnachie et al. 2009	Díaz-Gimenez et al. 2012
Objetos com informação espectroscópica no banco de dados do SDSS-DR12	5 383 galáxias (2008 GCs)	79 galáxias (19 GCs)
Com <i>redshift</i> concordante	629 galáxias (151 GCs)	79 galáxias (19 GCs)



Catálogos	McConnachie et al. 2009	Díaz-Gimenez et al. 2012
Intervalo de magnitude absoluta da amostra final	$-23.6 < M_r < -18.4$	$-22.8 < M_r < -19$
Amostra final	629 galáxias (151 GCs)	79 galáxias (19 GCs)



# Amostra de galáxias elípticas

- Usamos os critérios aplicados na definição da amostra de elípticas usada no projeto SPIDER (*Spheroids Panchromatic Investigation in Different Environmental Regions*):
  - $fracDev_r > 0.8$ , onde  $fracDev_r$  é o parâmetro que mede a fração de luz emitida pela galáxia que melhor se ajusta a um perfil de de Vaucouleurs;
  - $eclass < 0$ , onde  $eclass$  é o parâmetro que indica o tipo espectral da galáxia baseado na análise PCA (Análise de Componentes Principais );
  - $zwarning = 0$ , onde  $zwarning$  indica se a estimativa de *redshift* é confiável ( = 0) ou não;
- Esses parâmetros estão disponíveis no banco de dados do SDSS-DR7

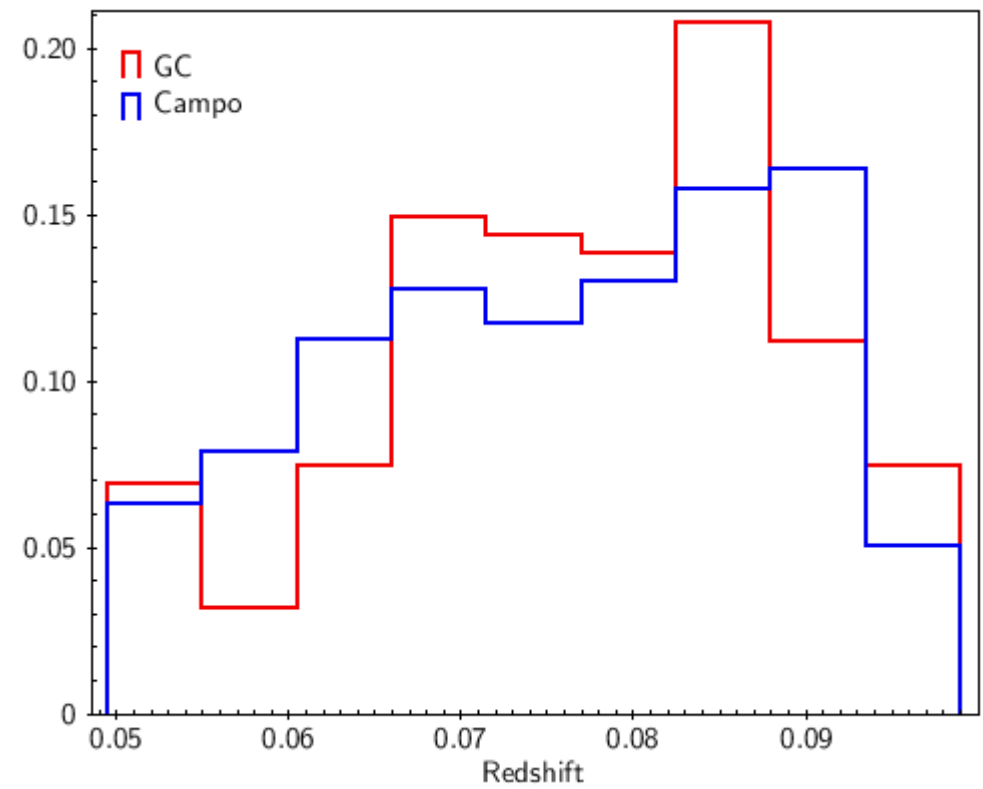
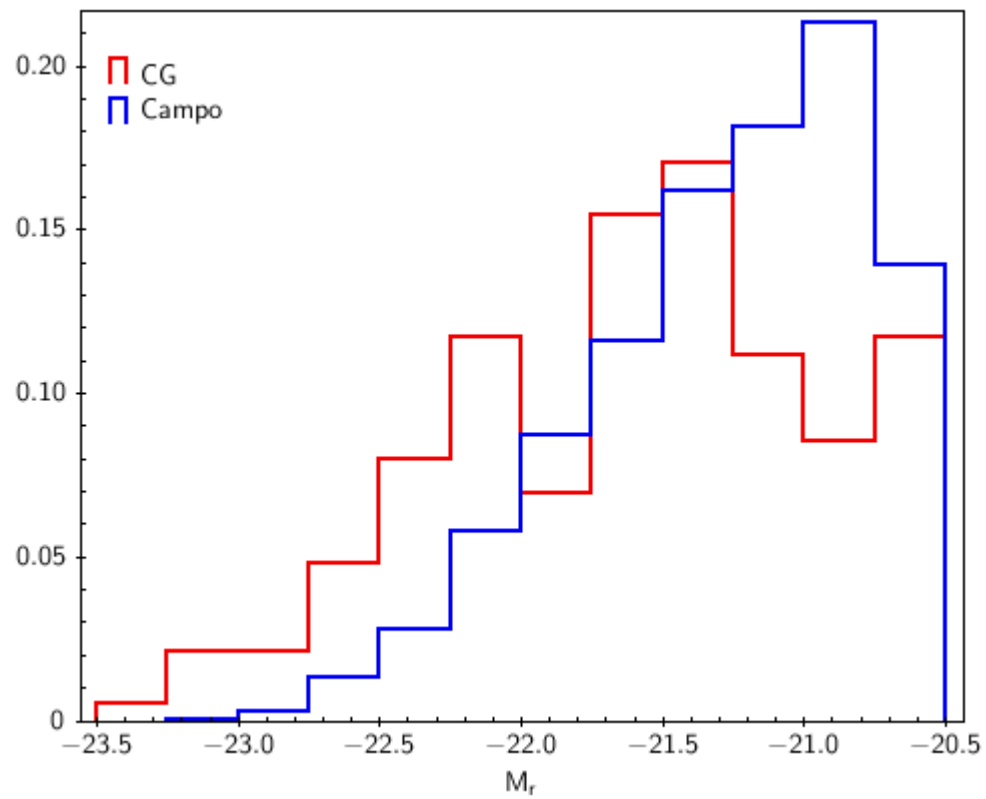
- Da amostra do catálogo de MC09, **446** possuem informação espectroscópica no SDSS DR7; Dessa subamostra, **271** satisfazem os critérios SPIDER;

## Amostra de elípticas no 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 10 337 galáxias no intervalo de *redshift*  $0.05 < z < 0.095$  e magnitude absoluta  $M_r < -20.51$ ;

## Amostra final de galáxias elípticas

- Nossa amostra final de galáxias elípticas em GCs é composta pelas galáxias que encontram-se no mesmo intervalo de magnitude absoluta e *redshift* da amostra de campo. Essa amostra totaliza **119** galáxias.

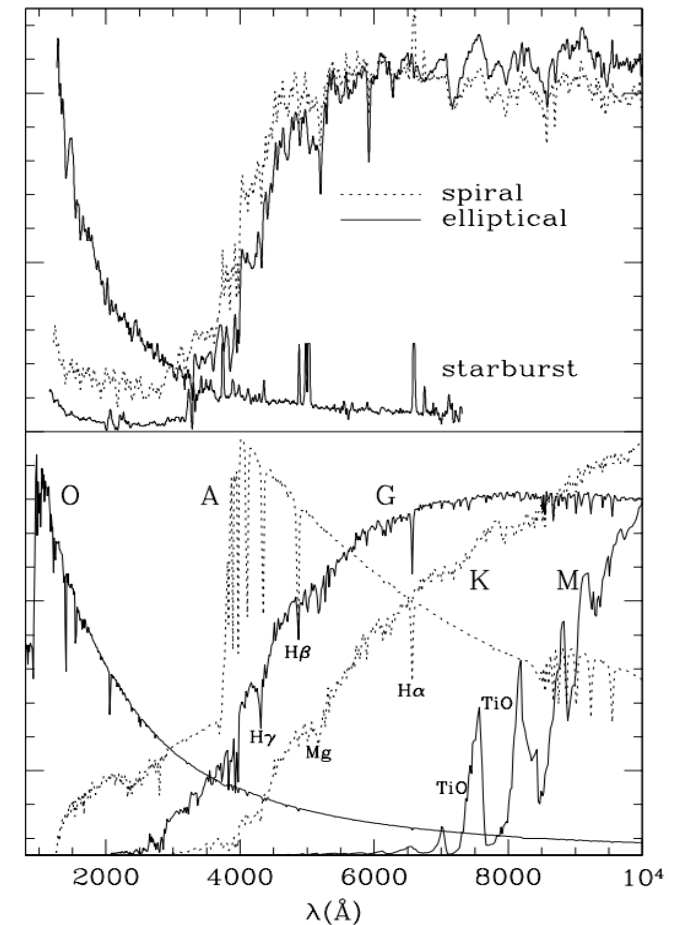


Distribuição de  $M_r$  e  $z$  da amostra final de elípticas em GCs (119 galáxias) e no campo (10 337 galáxias).

# População estelar de galáxias elípticas 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]

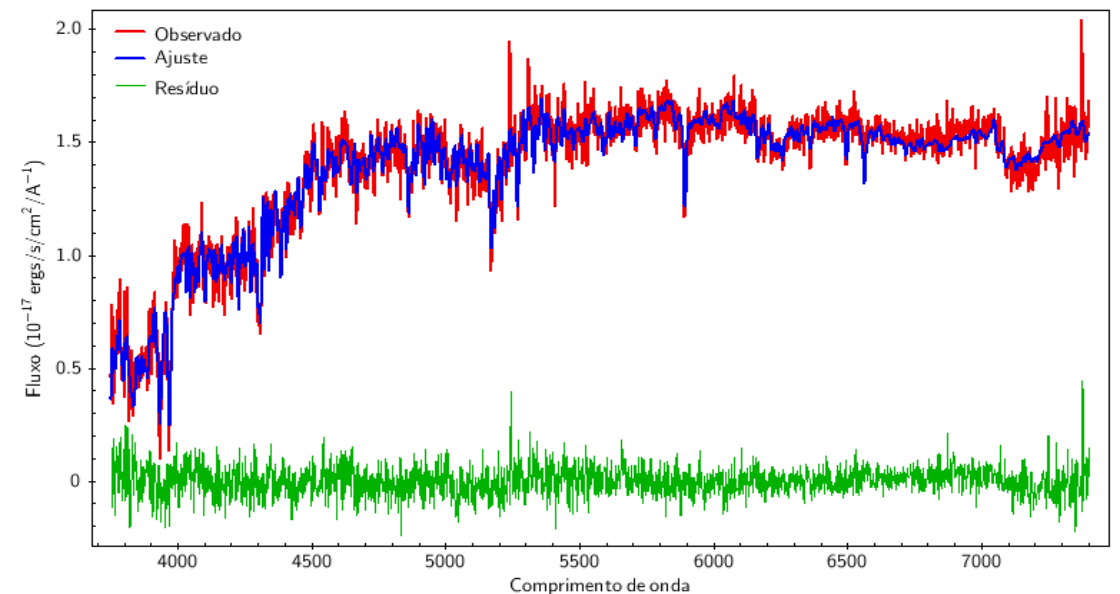
Técnica de Síntese de População Estelar



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

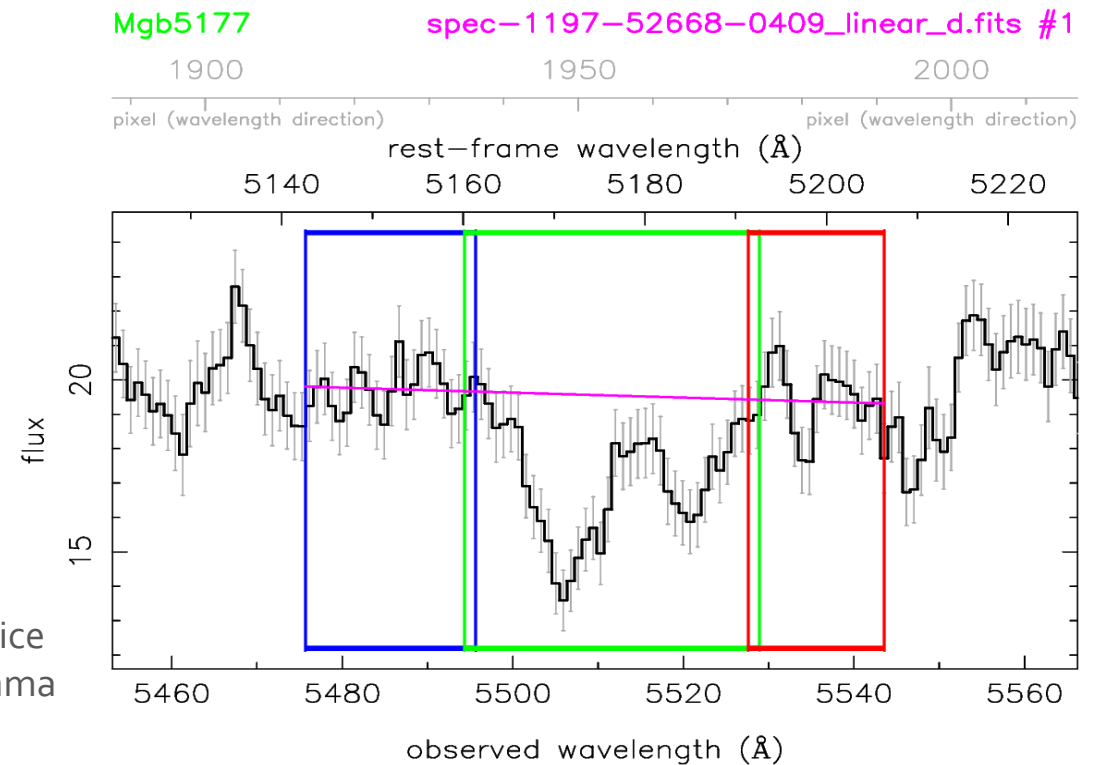
## Programas de Síntese de População Estelar

- 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  $\sigma_*$



Exemplo de ajuste dado pelo programa STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005)

- 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)

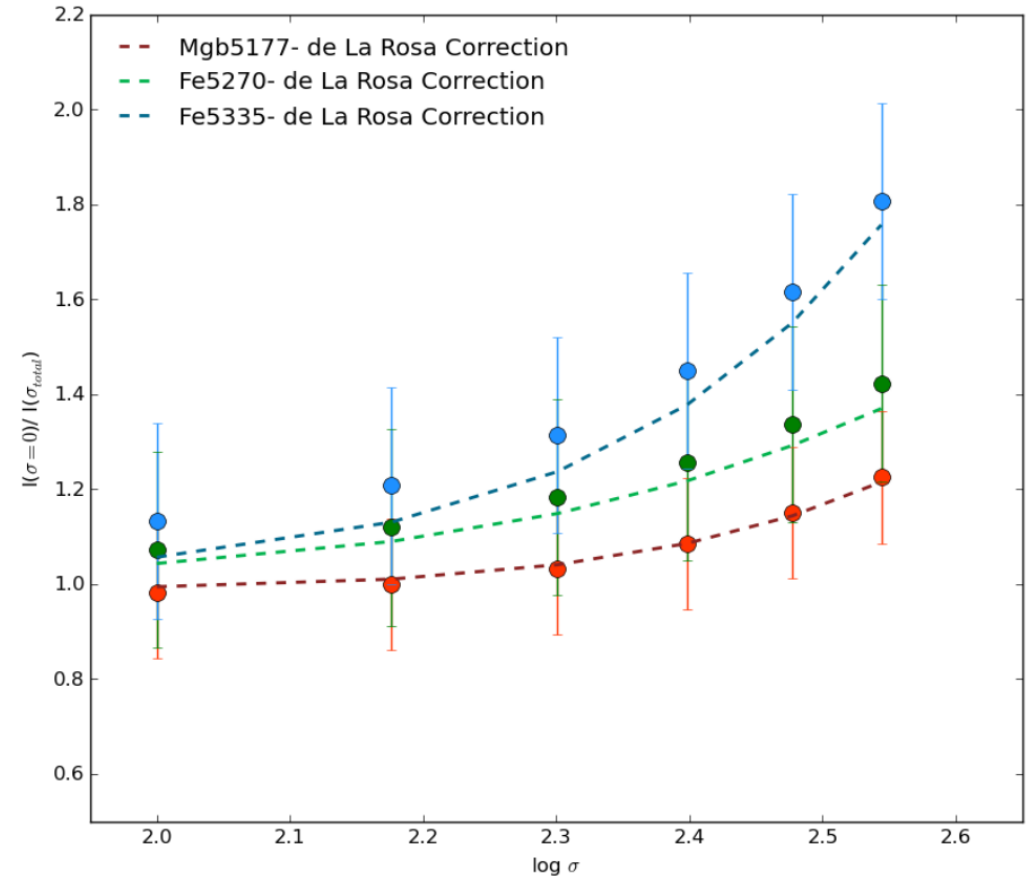


- Os índices devem ser corrigidos do efeito da dispersão de velocidade responsável pelo alargamento das linhas absorção. A correção aplicada nesse projeto é dada pela razão:

$$\frac{I(\sigma = 0)}{I(\sigma_{gal})} \longrightarrow \text{Valor do índice obtido para } \sigma_{instrumental}$$

$$\longrightarrow \text{Valor do índice obtido para } \sigma \text{ da galáxia}$$

- Usamos 350 SSPs definidas por Vazdekis et al.2010 obtidas para um dado valor de  $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_{inst}^2 + \sigma_{gal}^2}$ . A correção final é a média dos índices calculados para cada  $\sigma_{total}$  (de 50 km/s a 350 km/s).



Comparação de nossa correção (pontos) e a correção dada por de La Rosa et al. 2007 (linhas) para os índices Fe5270, Fe5335 e Mgb5177.

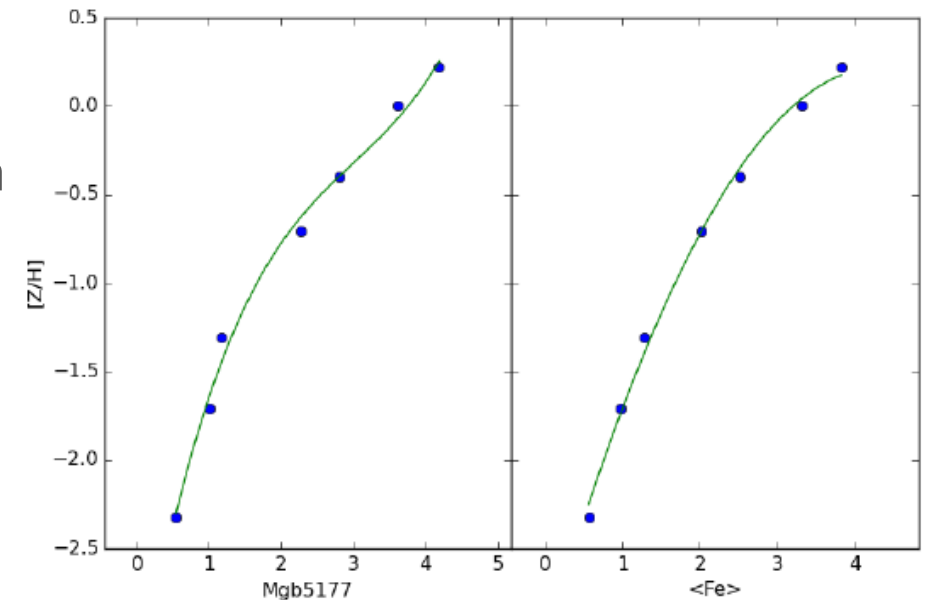
# Resultados

## 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 :

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

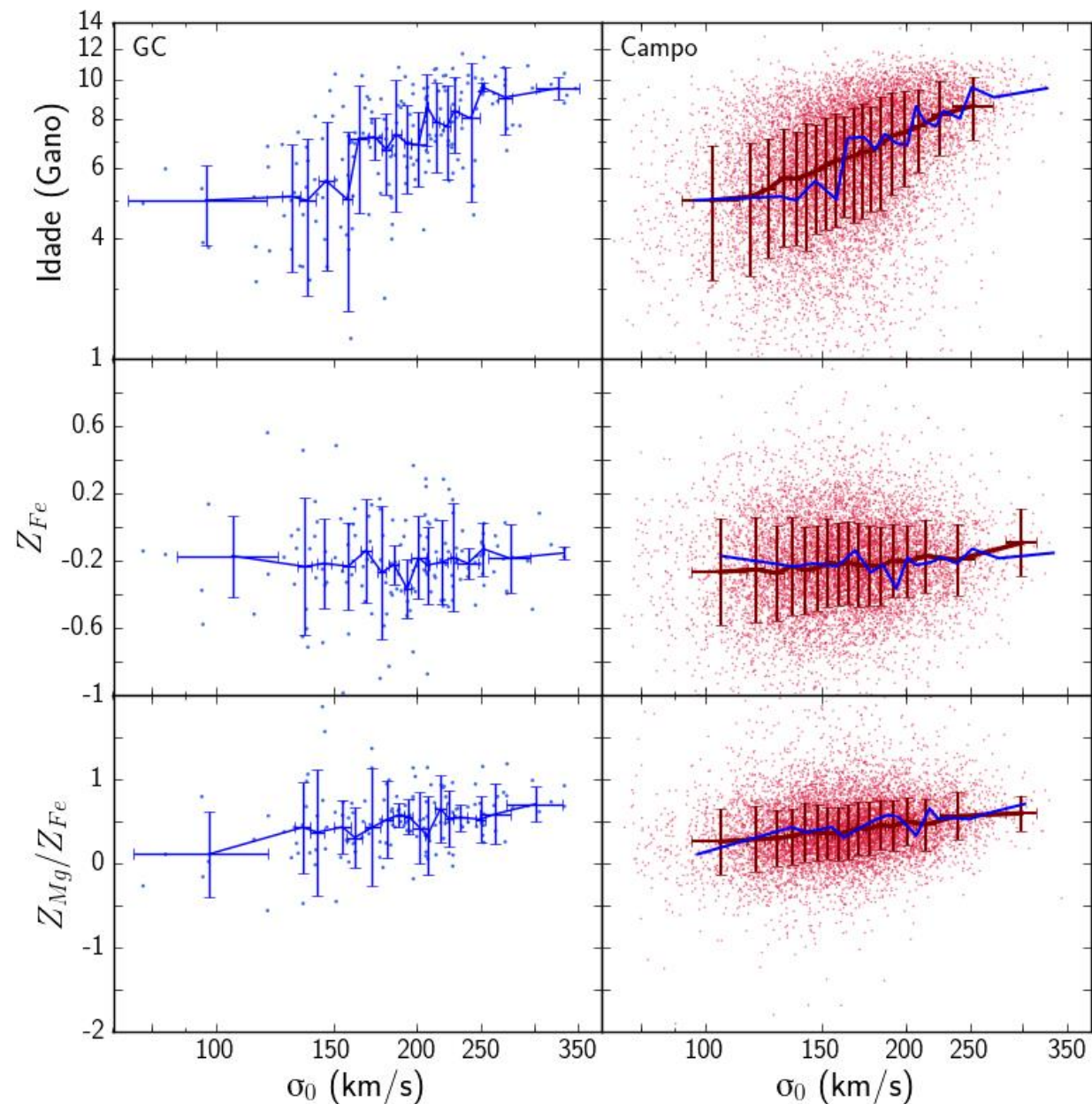
- Os valores de Mgb e  $\langle Fe \rangle$  usados no ajuste polinomial foram extraídos do modelo de Vazdekis et al. 2010.



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.



- 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.

## Perspectivas Futuras

- Análise da amostra de CGs do catálogo de Díaz-Gimenez et al. 2012
- Estudo de como diferentes métodos afetam a estimativa de parâmetros de população estelar. Para tanto vamos incluir uma análise feita utilizando o programa de síntese Ppxf (Cappellari& Emsellem2004) ;
- Análise da atividade nuclear e dinâmica de GCs de nossas amostras;
- Estudo de galáxia elípticas em aglomerados de galáxias pertencentes ao catálogo definido por Wiesner et al. 2015

FIM

Globular Cluster NGC 2808  HUBBLESITE.org