



Astronomia Extragaláctica
Semestre: 2016.2

Sergio Scarano Jr
14/01/2017

Semelhança entre Estruturas Esferoidais

Grande semelhança morfológica no perfil radial de bojos, galáxias elípticas, anãs esferoidais e aglomerados globulares.



M81



M83



Sculptor dwarf spheroidal galaxy



NGC6388

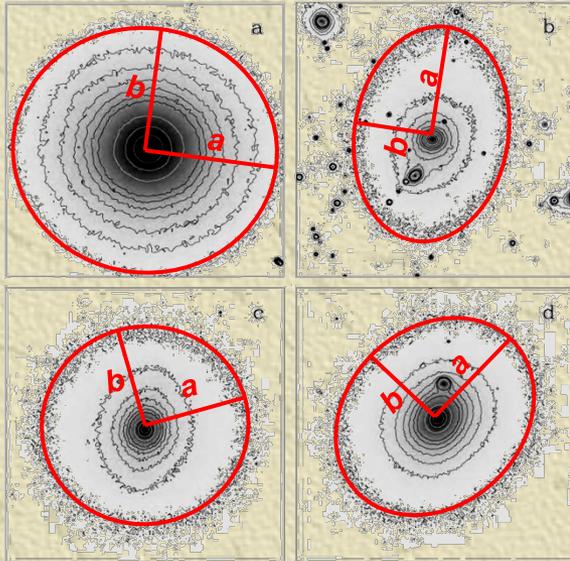
Galáxias Elípticas a partir de Diferentes Perspectivas

É difícil distinguir achatamento intrínseco do achatamento provocado pela projeção.

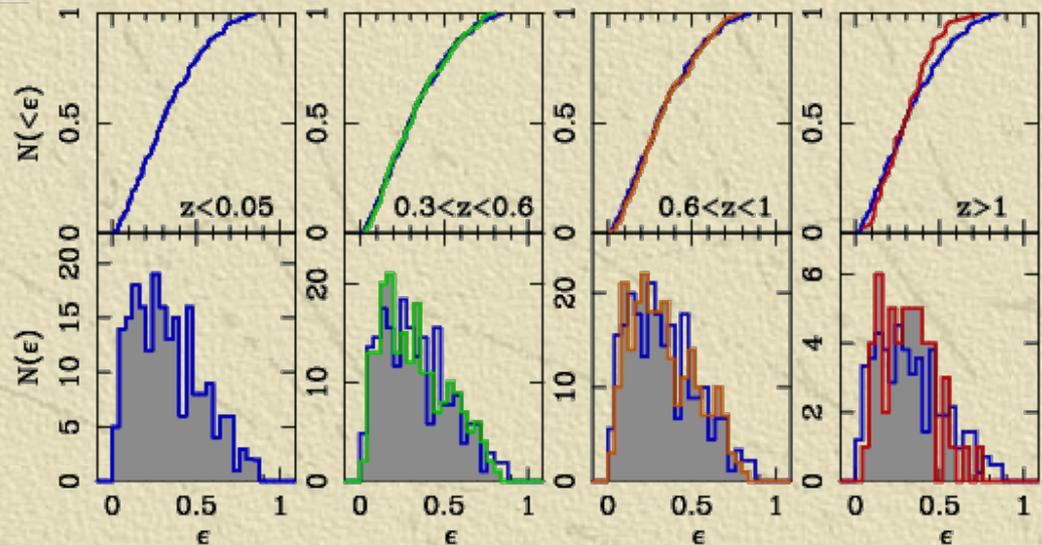
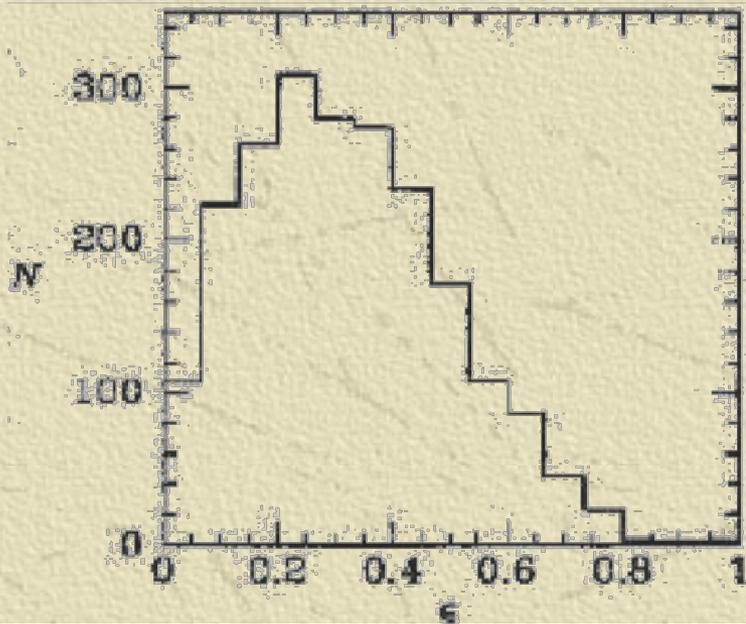


Perfis azimutais de brilho

Distribuição de elipticidades no raio efetivo:

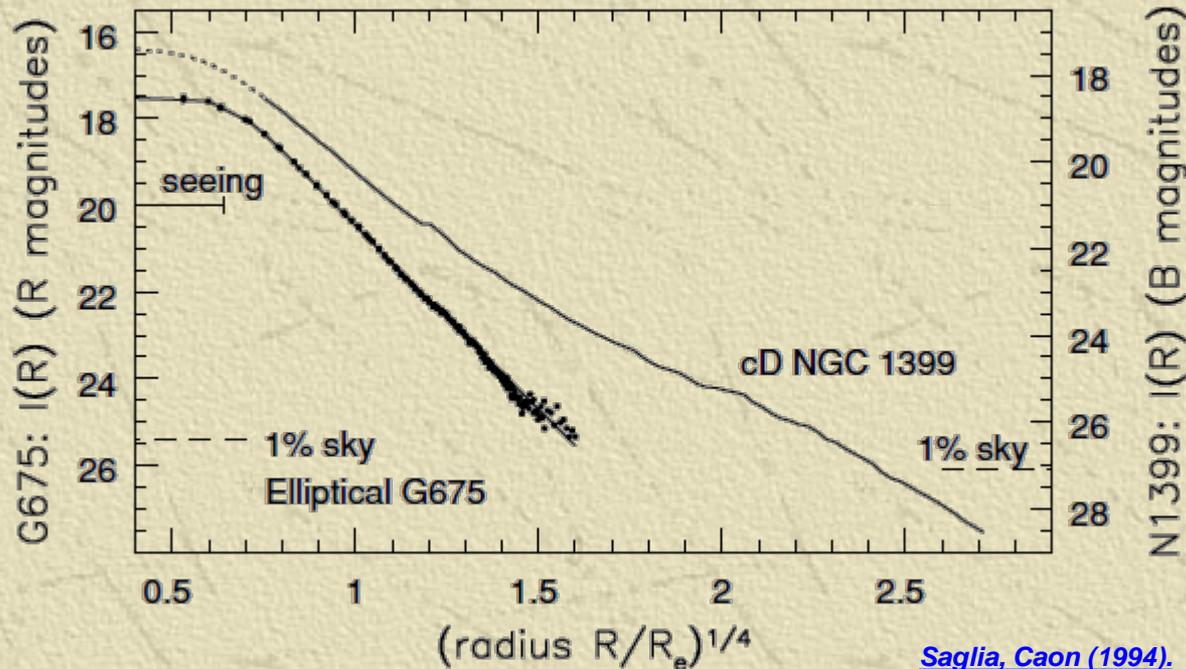


- *Em primeira aproximação as isofotas de E são elípticas*
 - *a, b: semi-eixos maior e menor da elipse*
 - *elipticidade: $\epsilon = 1 - b/a$*
 - *excentricidade: $e = (1 - b^2/a^2)^{1/2}$*
 - *ângulo de posição do eixo maior: θ (geralmente medido do Norte para Este)*
- *Distribuição de Elipsidades se mantém ao longo do tempo (indicado por diferentes z)*



Efeito do Seeing na Extração dos Perfis de Luminosidade

O raio nuclear é raio onde brilho superficial cai a metade. Ele mede o grau de compactação dos núcleos, revelando uma distinção entre grupos de galáxias ou aglomerados de estrelas de simetria esférica.



[Saglia, Caon \(1994\).](#)

“Core” ou “Cusps”

Excluindo-se o efeito do seeing as galáxias podem apresentar “cores” (núcleo plano) ou “cusps” (centros proeminentes)

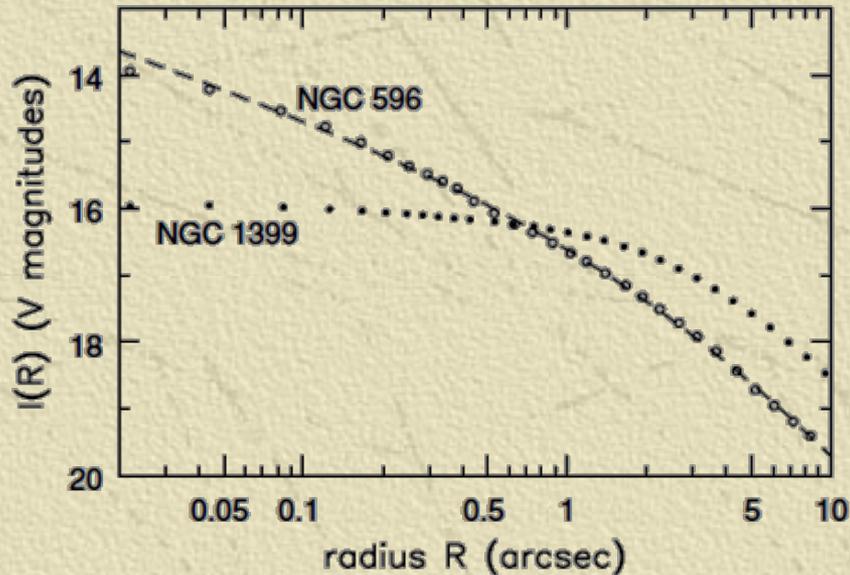
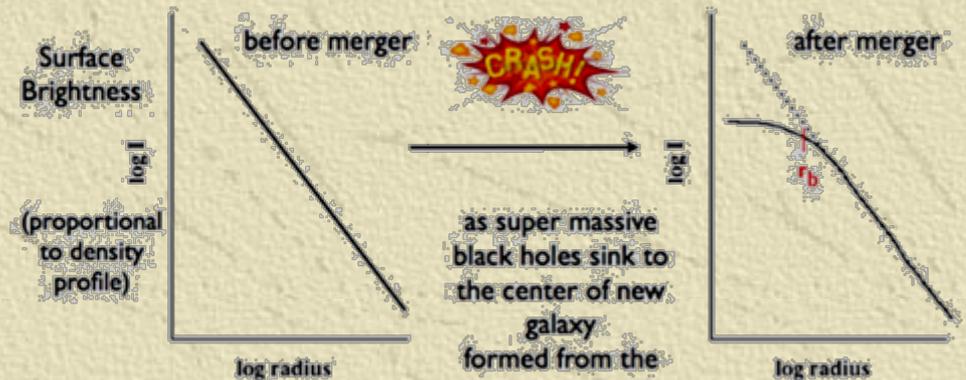


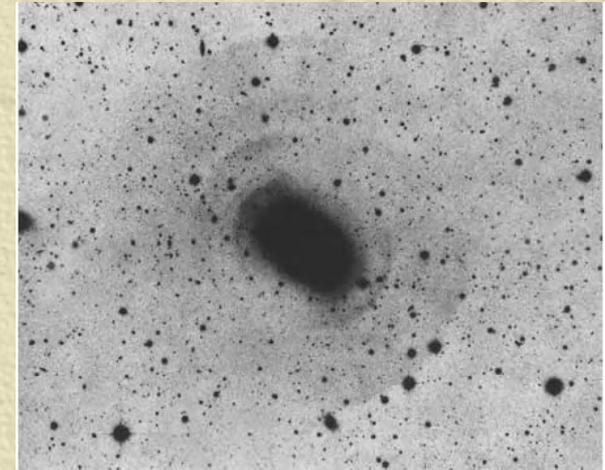
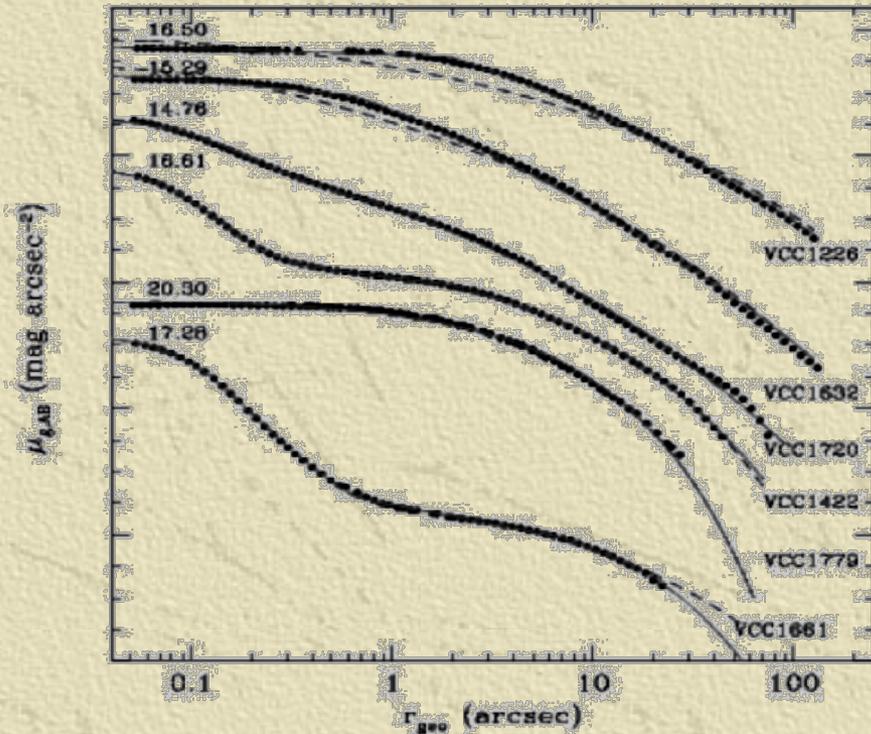
Fig. 6.7. Surface brightness $I_V(R)$ in the V band at the centers of two elliptical galaxies. The cD galaxy NGC 1399 ($M_V = -21.7$) has a core at $R \lesssim 1''$, where $I(R)$ is nearly constant. NGC 596 ($M_V = -20.9$) is half as luminous; the surface brightness continues to rise as a cusp. The dashed line shows $I(R) \propto R^{-0.55}$ – T. Lauer.



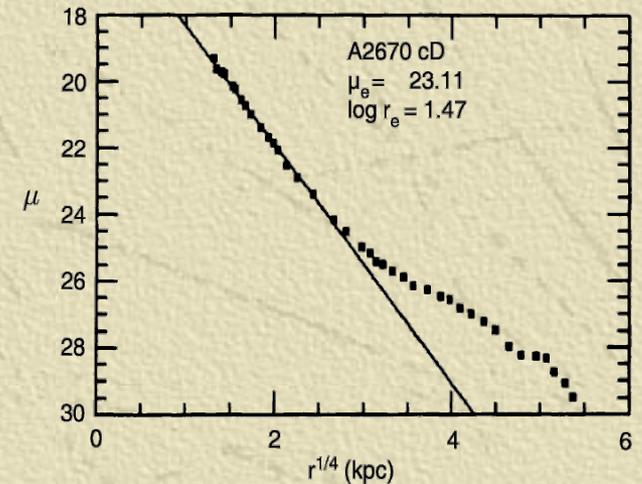
Perfil de King ou Perfís de Sersic com Cores

Desde de que se detectou problemas de mascaramento de componentes se propôs ajustes do tipo de Sersic com mais parâmetros para separar componentes internas e externas.

$$I' = I_b 2^{-(r/a)} \exp \left[b (2^{1/a} R_b / R_e)^{1/n} \right]$$

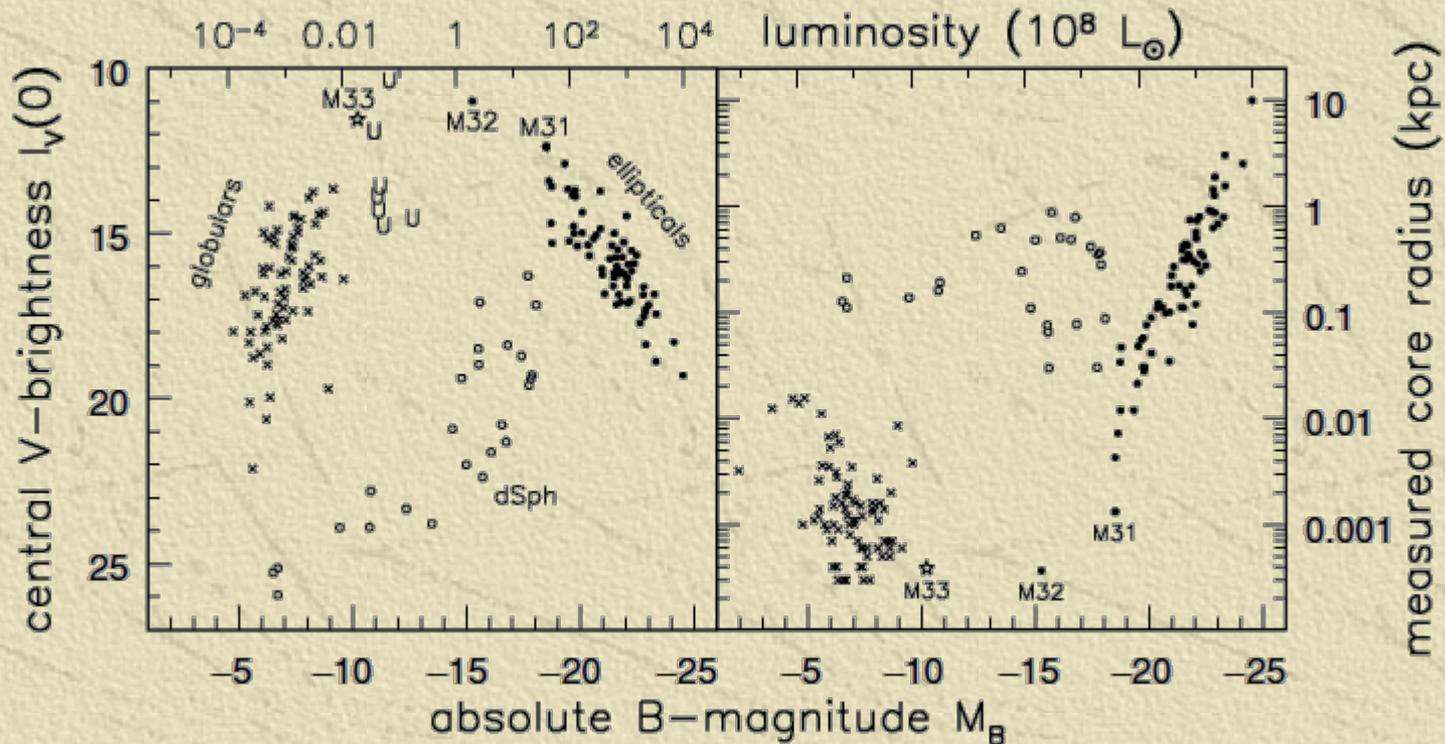


D. Malin 1983 ApJ 274, 534.



Brilho Superficial Central e Raio Nuclear em Função da Magnitude Absoluta

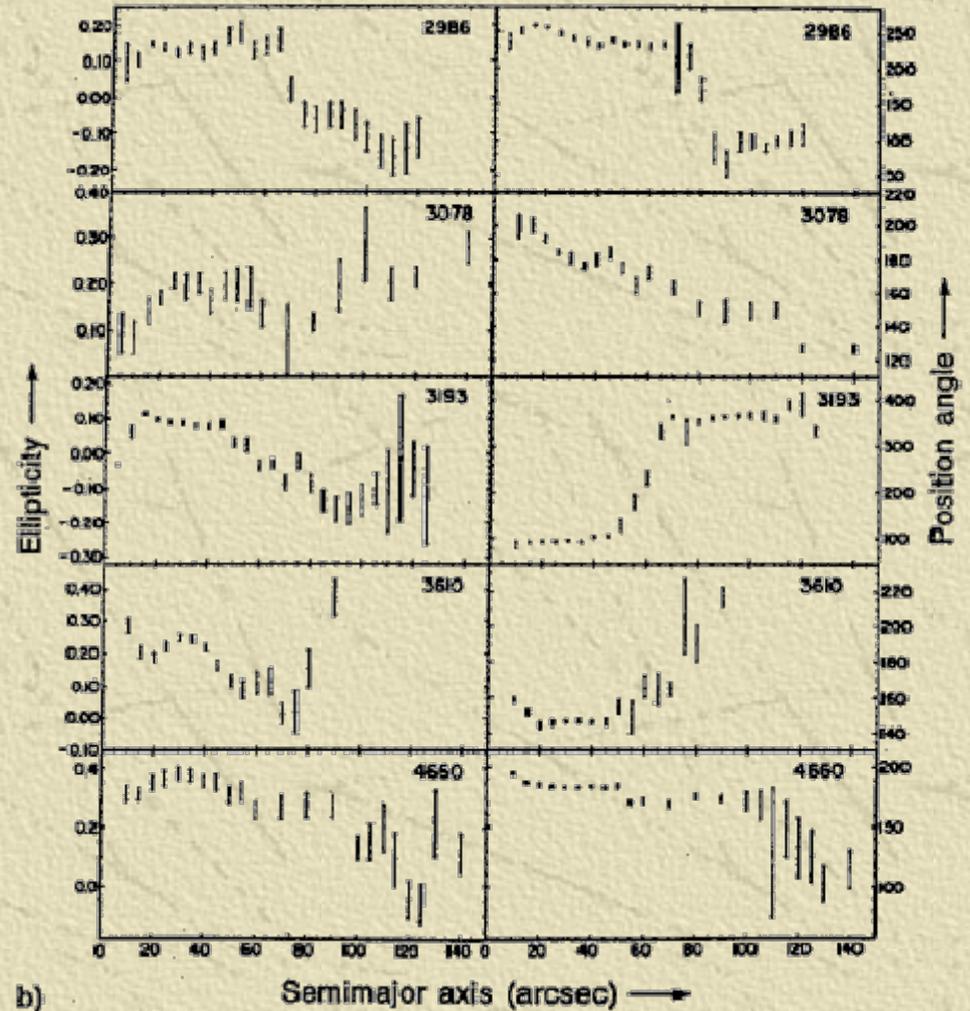
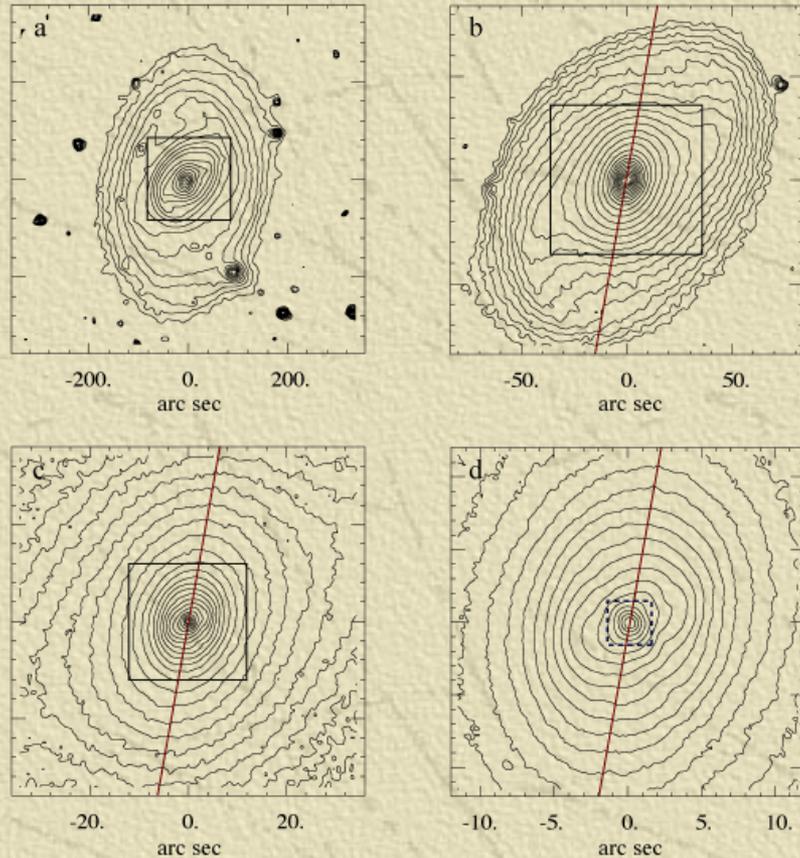
Com mais parâmetros pode-se detectar a diferença entre esferoidais. O raio nuclear é raio onde brilho superficial cai a metade. Ele mede o grau de compactação dos núcleos, revelando uma distinção entre grupos de galáxias ou aglomerados de estrelas de simetria esférica.



Perfis Azimutais de Brilho de Galáxias Elípticas

- *Em geral ϵ e θ variam com o raio- isophotal twisting*

NGC 3368



[Nowak, Nina et al. Mon.Not.Roy.Astron.Soc. 403 \(2010\) 646 arXiv:0912.2511](#)

Luminosidade de Galáxias Discoidais

- **Luminosidade total do disco:**

$$L_d = 2\pi \int_0^{\infty} \Sigma(r) r dr = 2\pi r_d^2 \Sigma_0$$

- **Luminosidade total da galáxia:**

$$L = L_d + L_b = 2\pi r_d^2 \Sigma_{0d} + 7.22 \pi r_{eb}^2 \Sigma_{eb}$$

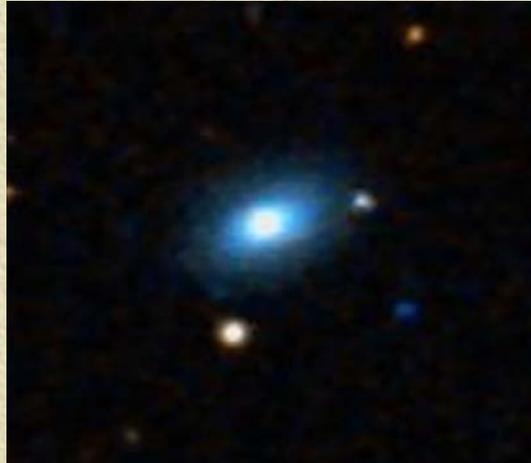
(supondo bojo com perfil de de Vaucouleurs)

- **Lb/ Ld:**
 - Sb: 0.45
 - Sbc: 0.32
 - Sc: 0.15
 - Sd: 0.01

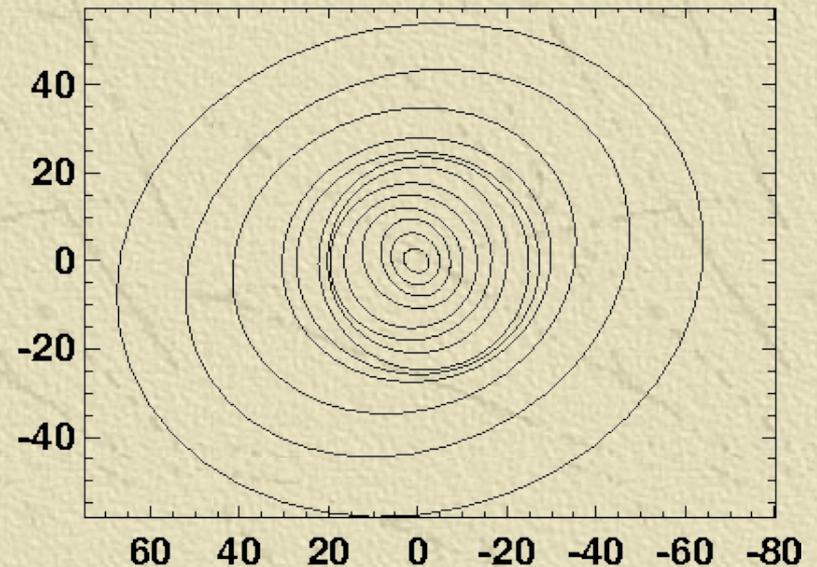
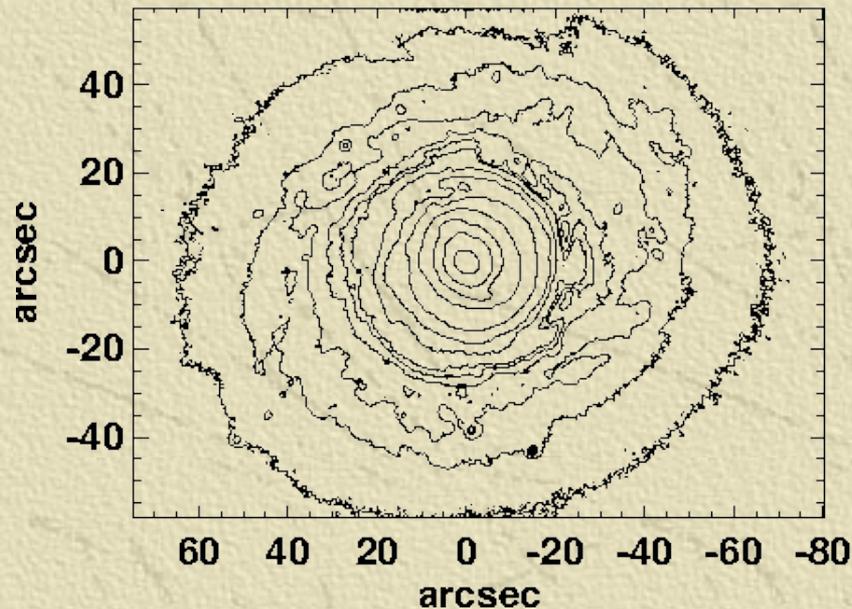
Via Láctea: $L_b/L_d \approx 0.34 \pm 0.08$ típico de uma Sbc

Perfis Azimutais de Brilho de Galáxias Lenticulares

- *Em geral ϵ e θ variam com o raio- isophotal twisting*

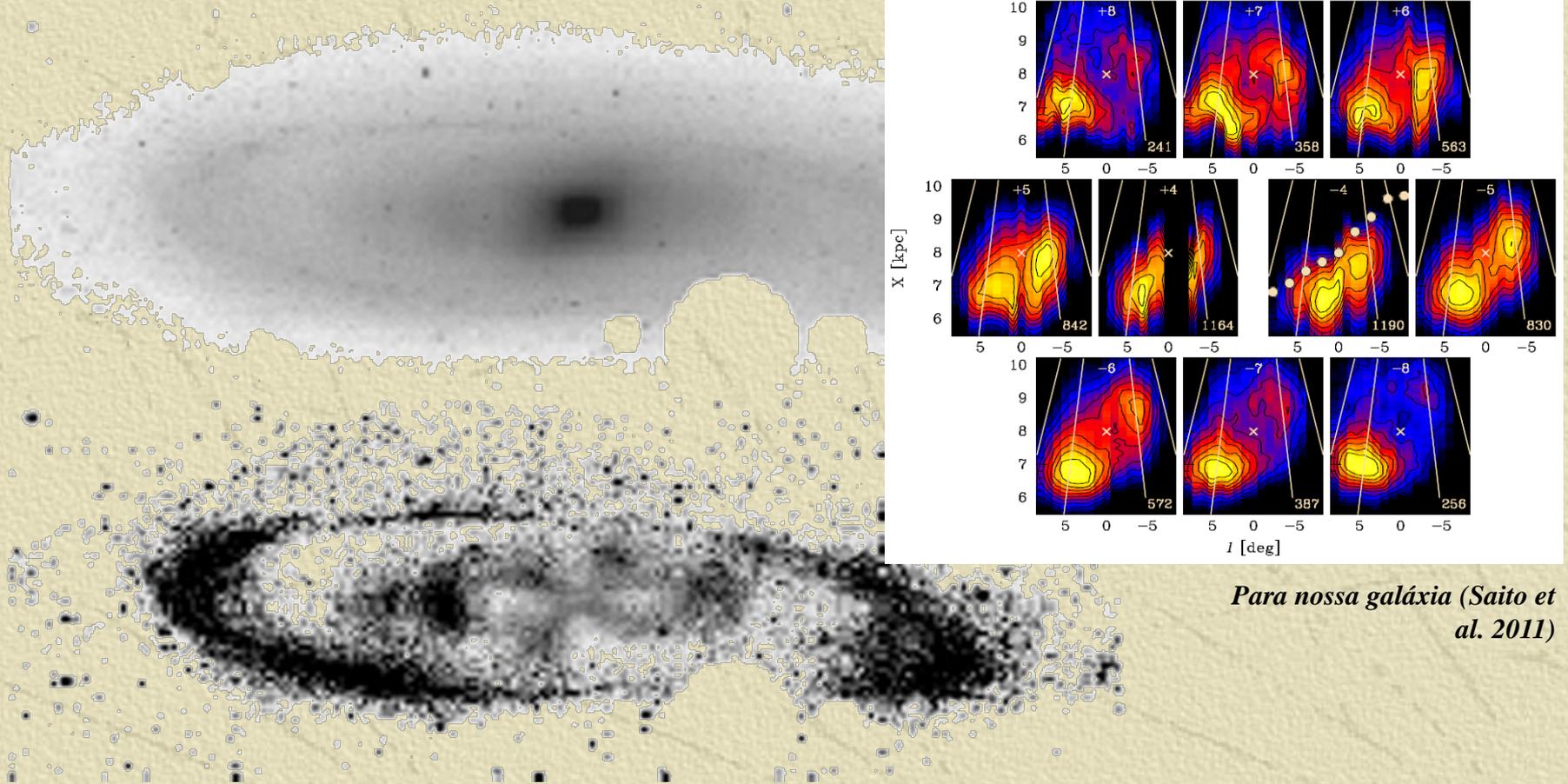


λ 6262



Evidências da Complexidade dos Bojos

Assimetria dos bojos revela particularidades que podem estar relacionadas a sua cinemática:



Para nossa galáxia (Saito et al. 2011)

Figure 9. Top: Spitzer 3.6 μm image of *M31*. Bottom: residual image after subtraction of a 2D bulge/bar/disk model derived with BUDDA (de Souza et al. 2004, Gadotti 2008). The X-shape in the residual image is the typical signature of a boxy/peanut-like vertically thickened inner part of a bar.

Razão Bojo/Disco

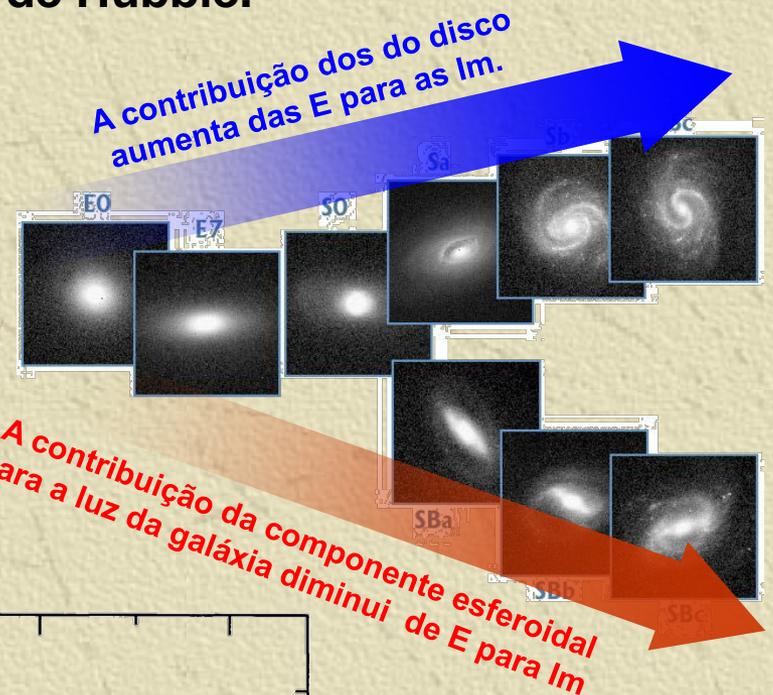
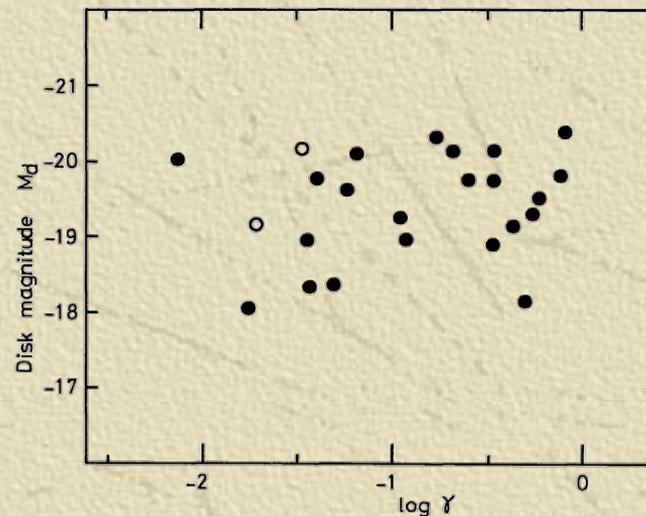
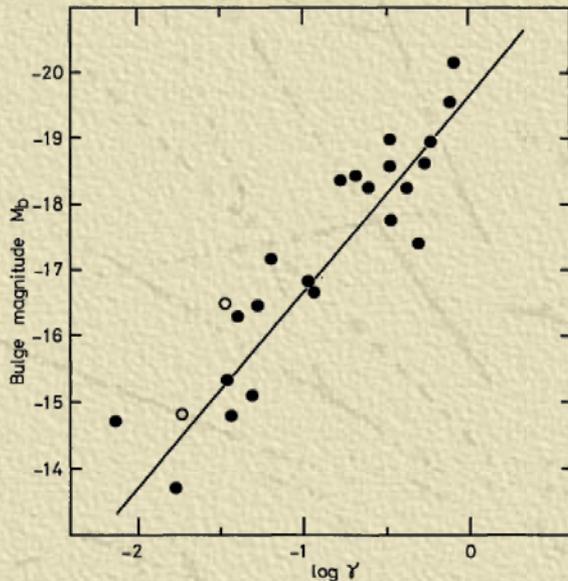
Separando-se as componentes de bojo e disco é possível medir a razão bojo/disco, que diminui com a sequência de Hubble.

Casos extremos:

- E: só bojo E (ou melhor, $D \ll B$)
- Im: só disco ($D \gg B$)

S: D/B aumenta das Sa para as Sc:

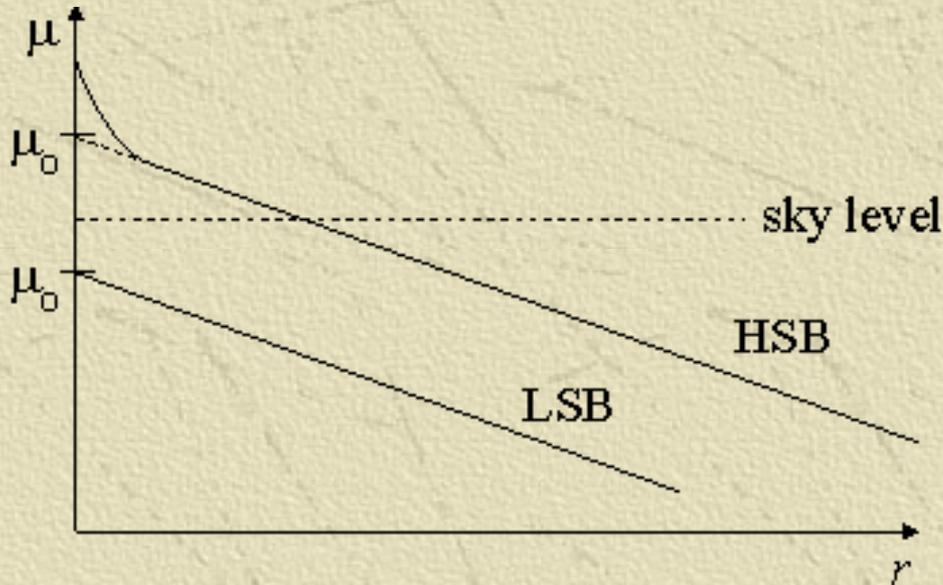
- Sb: D/B ~ 2.2
- Sc: D/B ~ 6.7
- Sd: D/B ~ 100



γ = razão da luminosidade do bojo pela luminosidade do disco Yoshizawa & Wakamatsu (1975A&A....44..363Y)

Lei de Freeman (1970)

A maioria dos discos das espirais tem $\mu_{0B} \approx 21.65 \pm 0.3 \text{ mag arcsec}^{-2}$



- **Isso é um efeito de seleção!!!** O resultado depende de como se seleciona a amostra que vai ser estudada (galáxias de grande brilho superficial HSB)!!!

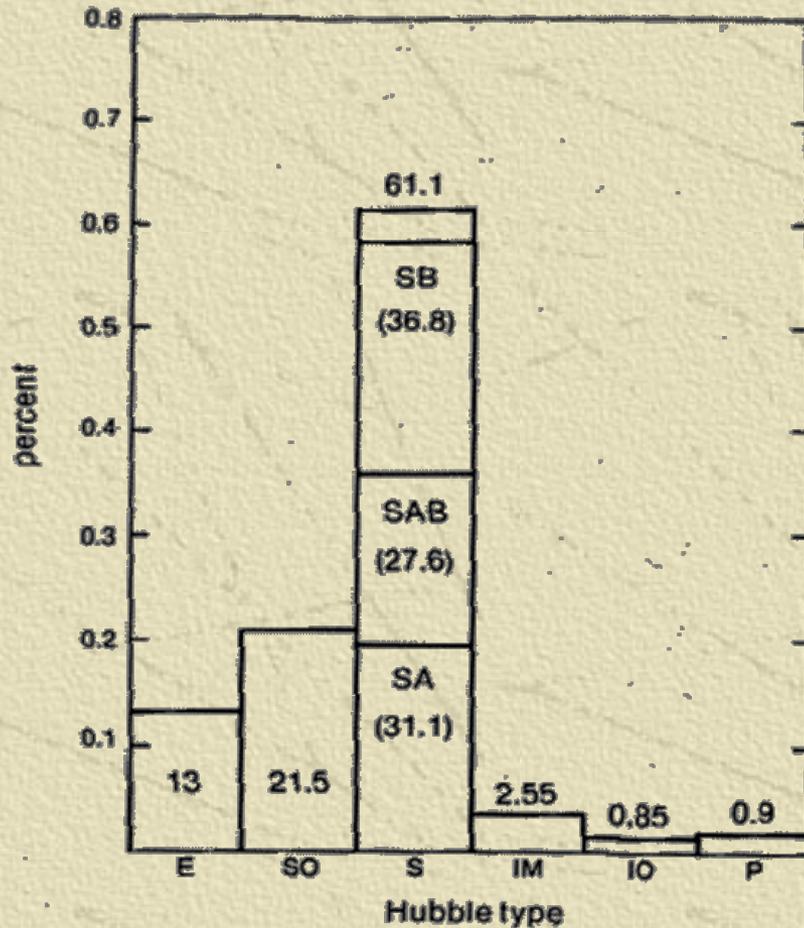
- brilho do céu em B: $\mu_{\text{ceu},B} \approx 22 \text{ mag arcsec}^{-2}$

- objetos mais fracos que $\mu_{\text{ceu},B}$ são mais difíceis de detectar (galáxias de baixo brilho superficial)

- observações mais recentes: a distribuição de μ_{0B} é mais ou menos uniforme para brilhos superficiais mais fracos (LSB) que $21.65 \text{ mag arcsec}^{-2}$

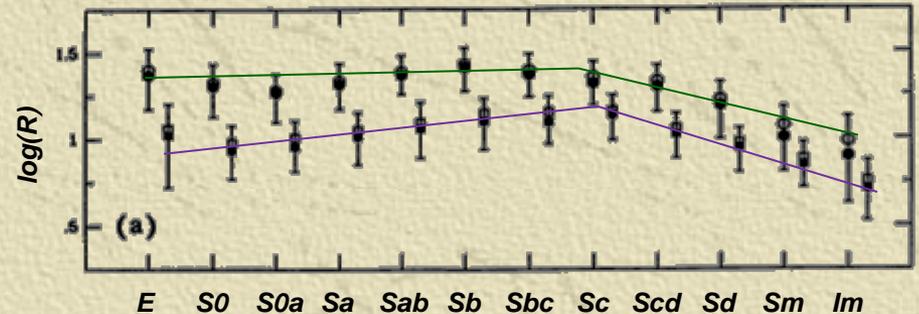
Galáxias Espirais - Frequência e Tamanhos

As S são as mais abundantes dentre as galáxias brilhantes (existem E muito mais luminosas, mas são mais raras).



Bowers & Deeming (1984)

Alguma relação com a luminosidade e o tamanho?



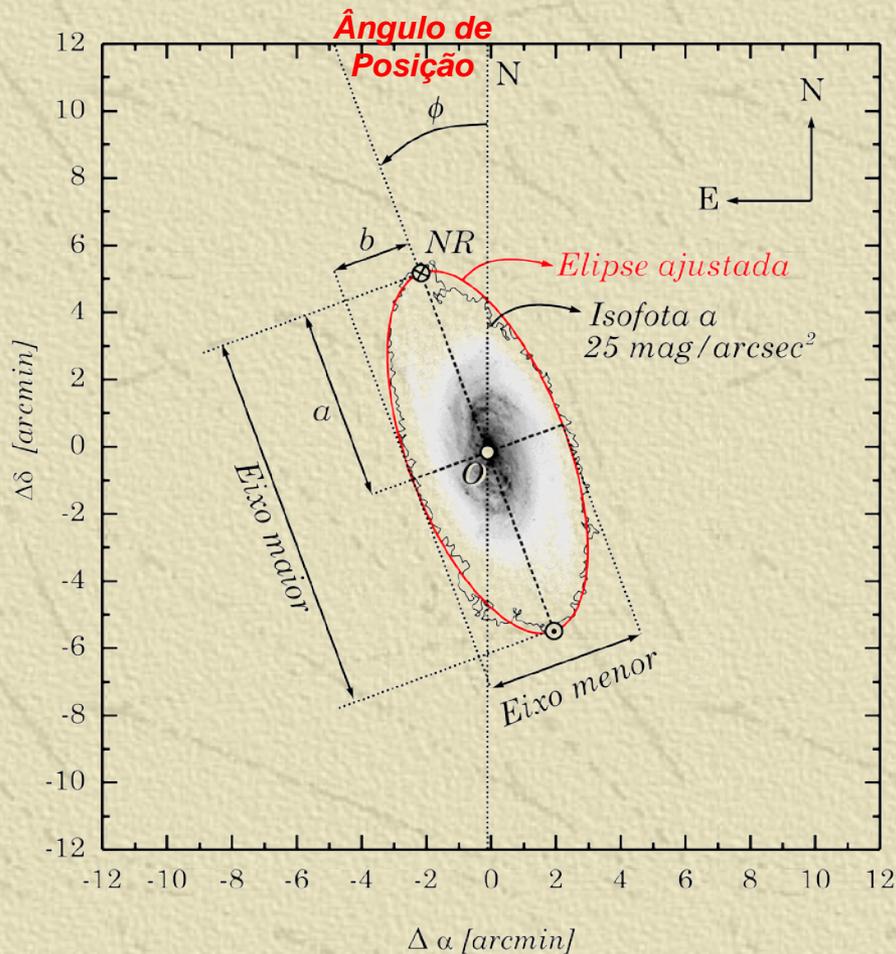
gráficos de Robert & Haynes, ARA&A 32, 115, 1994

entre as não brilhantes as galáxias anãs são as mais abundantes



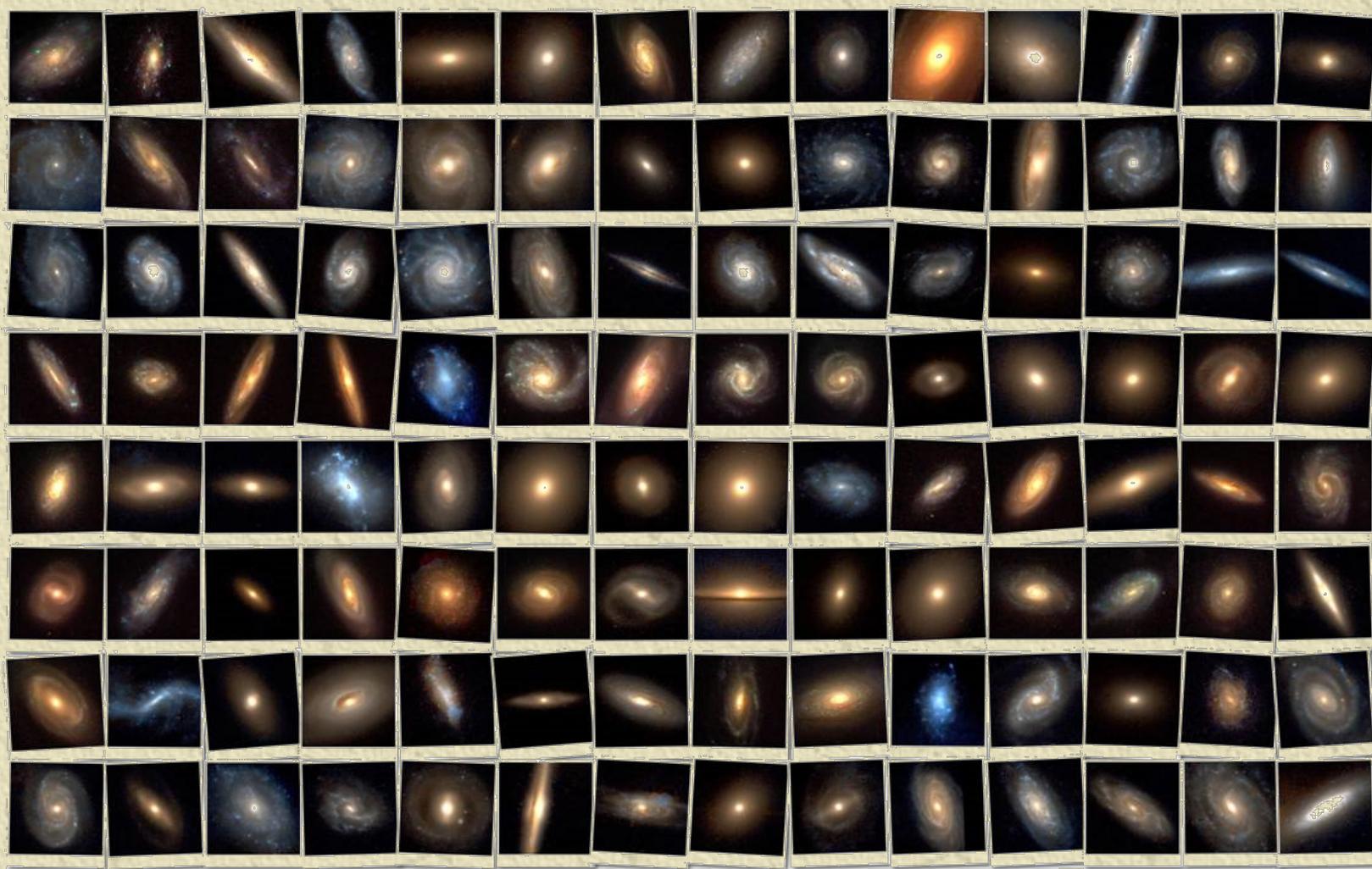
Elementos Geométricos Observados em Discoidais

A partir da hipótese que as galáxias são discoidais, seus elementos geométricos e cinemáticos podem sugerir sua disposição espacial.



Galáxias Discoidais a partir de Diferentes Perspectivas

A determinação de diversas grandezas no plano da galáxia depende da disposição da galáxia em relação ao observador.



criado por: Zsolt Frei & James E. Gunn (1999)

Efeitos de Projeção em Discos Galácticos

O formato de uma galáxia discoidal pode mudar de acordo com a linha de perspectiva.

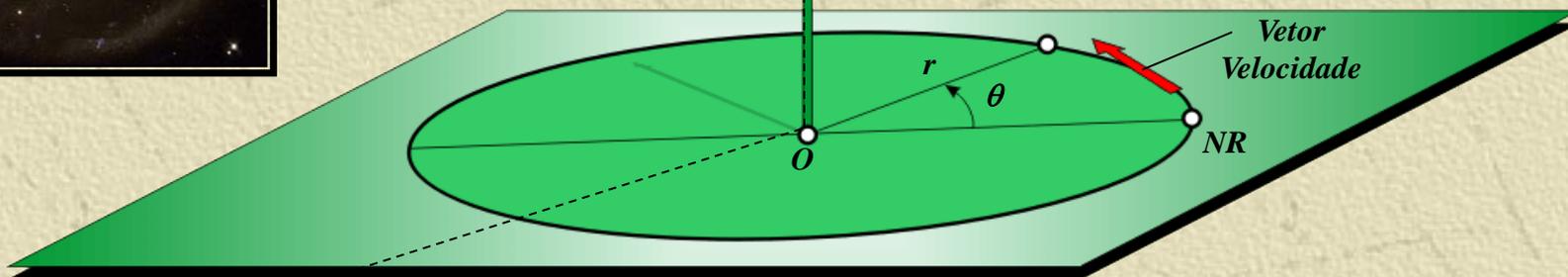


Galáxia "face-on" p/
Observador A

Observador A



N

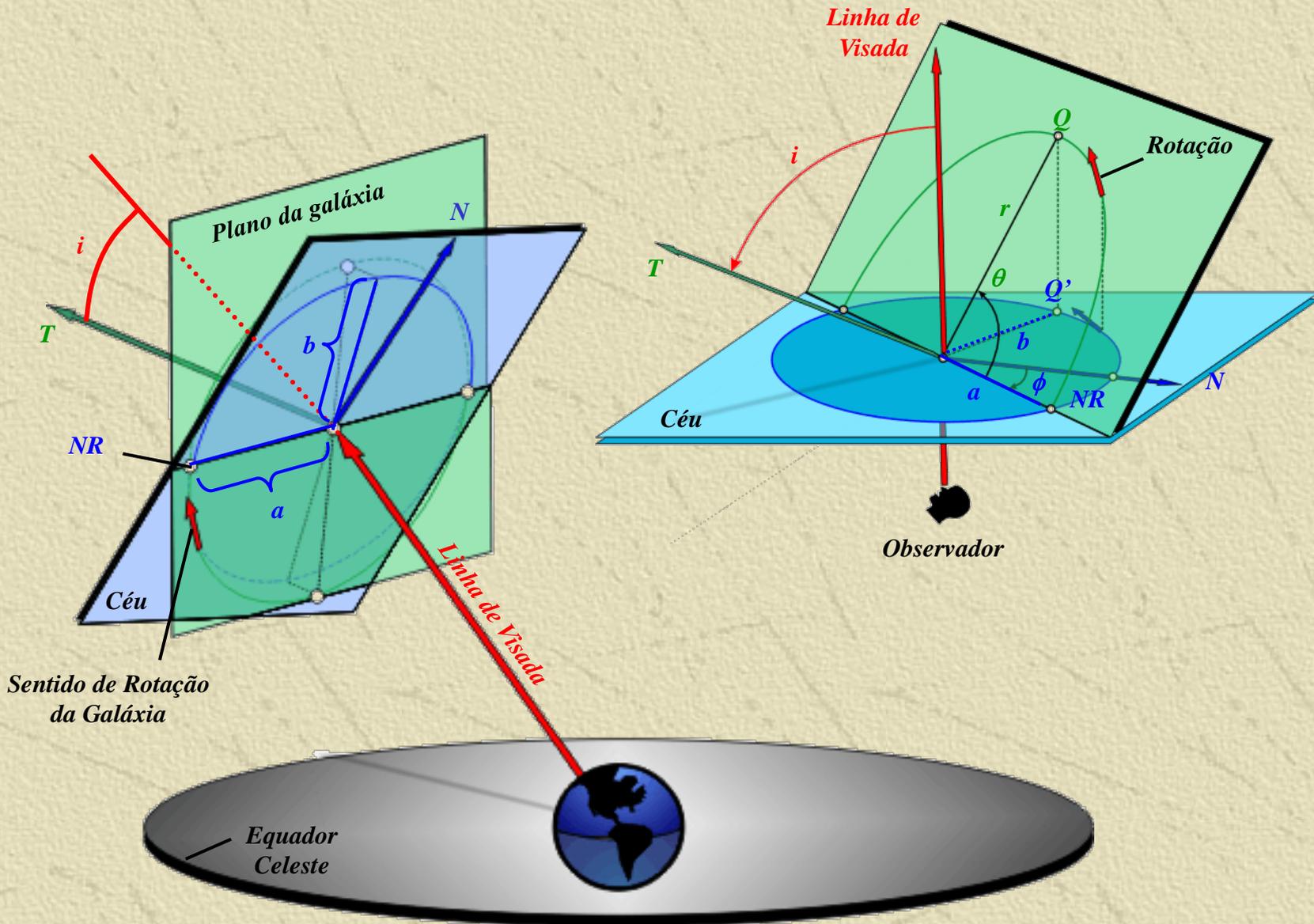


Observador B

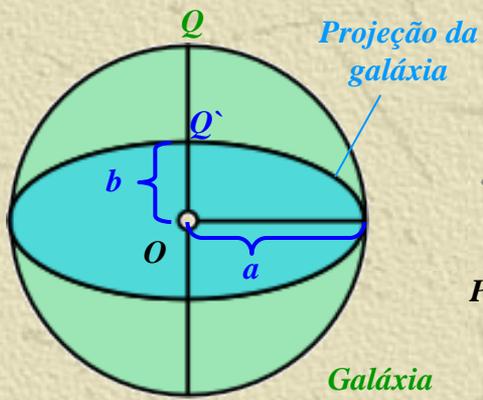
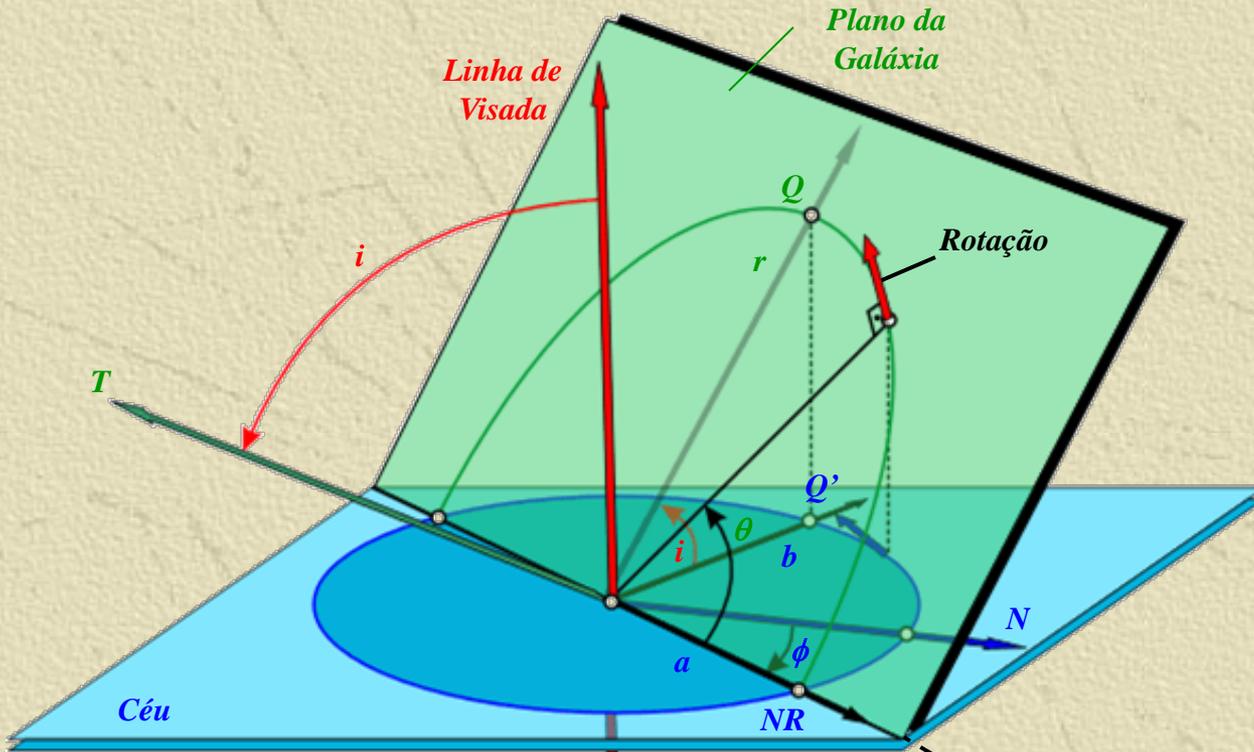


Galáxia "edge-on" p/
Observador B

Geometria da Projeção de Posições no Céu



Definição de Inclinação



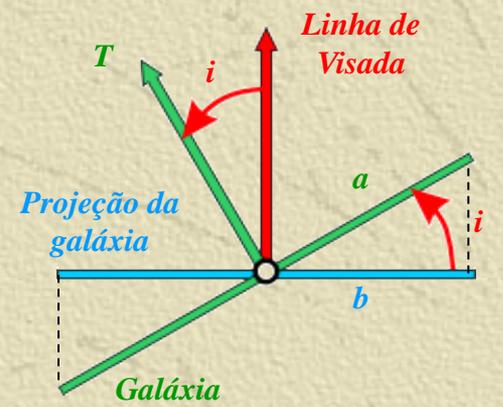
$$i = \arccos\left(\frac{b}{a}\right)$$

↑↑

$$\cos i = \frac{b}{a}$$

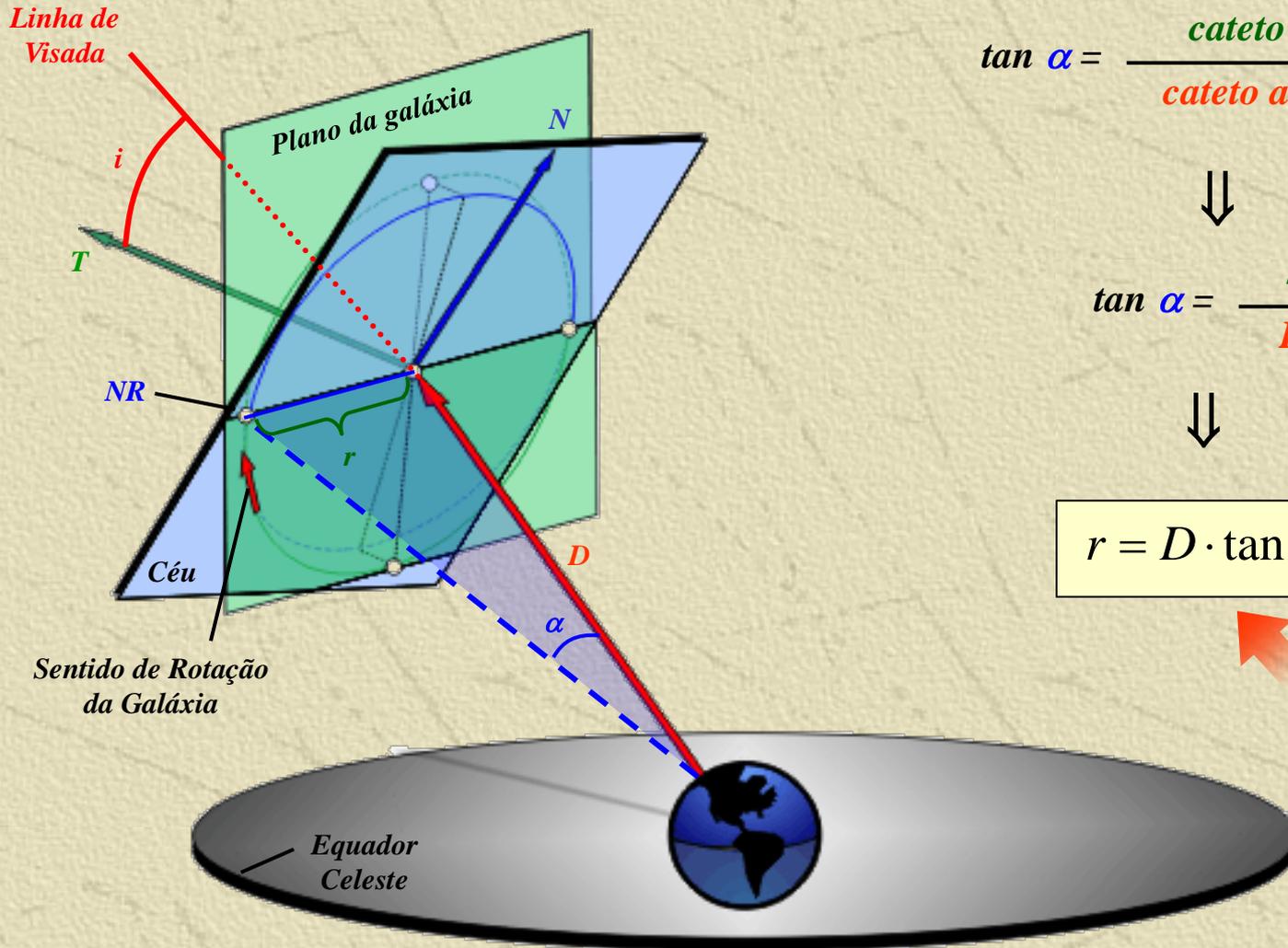
↑↑

$$\cos i = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$



Distâncias no Plano Galáctico Medidos no Eixo Maior

No eixo maior o efeito de projeção do plano da galáxia para o plano do céu é nulo.



$$\tan \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$



$$\tan \alpha = \frac{r}{D}$$



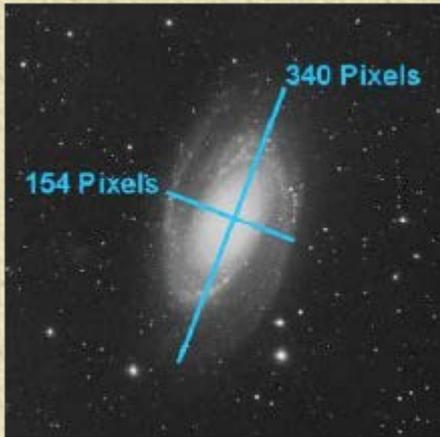
$$r = D \cdot \tan \alpha$$



Aplicável não apenas para medida angular do semi-eixo maior, mas frações desta.

Exercício

Galáxias discoidais não são infinitamente finas. Há uma largura “típica” do disco. Ao observar uma galáxia discoidal na configuração *edge-on*, a razão axial nunca dará 0. Desse modo, Hubble (1926) introduz a expressão:



Eixo Maior = 340 pixels
Eixo Menor = 154 pixels

$$q = 154/340 = .4529$$
$$i = \cos^{-1}(.4529) = 63^\circ$$

REDSHIFT-INDEPENDENT DISTANCES for MESSIER 081 ([Back to INDEX](#))

85 Distances found in NED [View 85 Individual Distance Measurement\(s\) for MESSIER 081](#)

Summary Statistics computed by NED from 85 Distance(s) in the literature:

NOTE: These summary statistics are provided for "quick-look" reference only; they are based exclusively on original values, *as published*. No homogenization or corrections have been applied.

MESSIER 081	Distance Modulus (mag)	Metric Distance (Mpc)
Mean	27.82	3.710
Std. Dev.	0.33	0.479
Min.	25.67	1.400
Max.	28.50	5.000
Median	27.80	3.630

BASIC DATA for MESSIER 081 ([Back to INDEX](#))

Helio. Radial Velocity : -34 +/- 4 km/s
Redshift : -0.000113 +/- 0.000013 [1991RC3.9.C...0000d](#)
Major Diameter (arcmin) : 26.9
Minor Diameter (arcmin) : 14.1
Magnitude and Filter : 7.89
Classifications : SA(s)ab;LINER Sy1.8

NOTE: This information is indicative only. With the exception of the redshift they are unreferenced and highly inhomogeneous as to their origin. The Radial Velocity (when available) is computed from the listed redshift. The remaining values are designed to orient the user with a quick-look, overall assessment of the general properties of the object in question. They are not averages nor are they standardized in any way.

Additional detailed measurements with references are also available by clicking below:
[19 Redshift data point\(s\)](#) [223 photometric data point\(s\)](#) [8 Diameter data point\(s\)](#)

Tamanho da galáxia?

Tamanhos dos discos

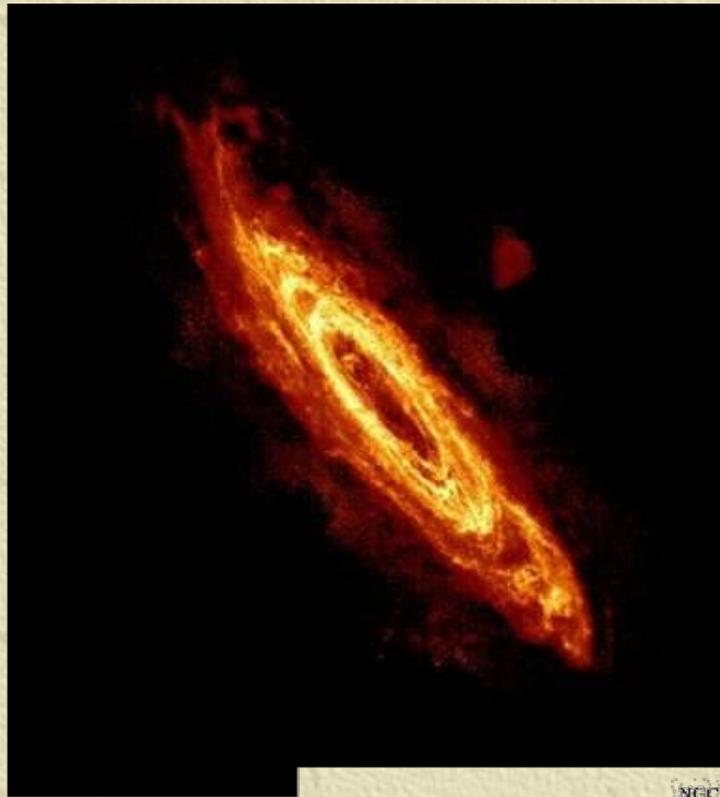
Chamando de r_d e o raio efetivo para um ajuste do disco com o perfil de Sersic.

- R_{25} : raio na isofota de $25 \text{ mag}_B / \text{arcsec}^2$
- $r_d / R_{25} \approx 0.2 - 0.3$, isto é, R_{25} corresponde a uns $4 r_d$
- tipicamente: $r_d \approx 2 - 5 \text{ kpc}$, $r_e \approx 0.5 - 4 \text{ kpc}$
- Via Láctea: $r_d \approx 5.0 \text{ kpc}$, $r_e \approx 2.7 \text{ kpc}$
- O disco do gás hidrogênio neutro (HI) pode ser maior que o disco estelar

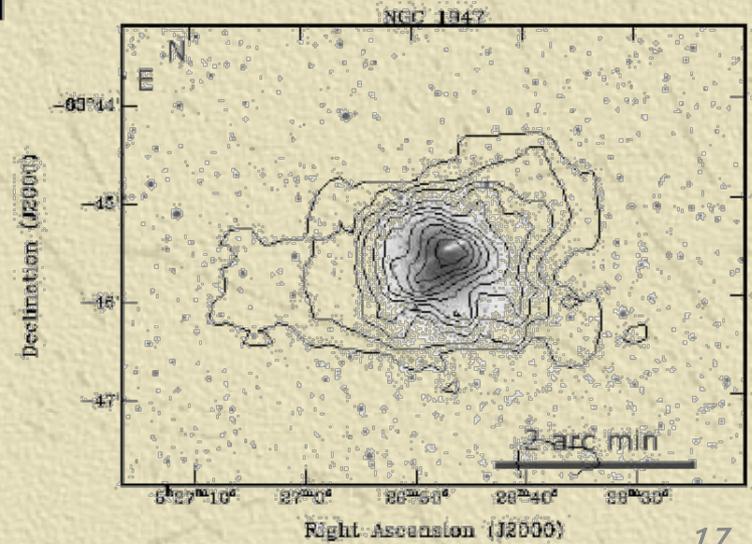
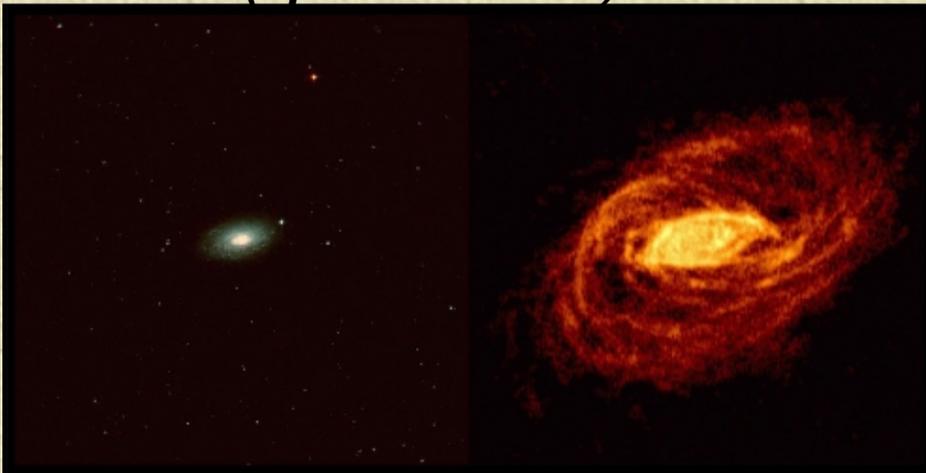
Andrômeda (óptico)



Andrômeda (rádio)

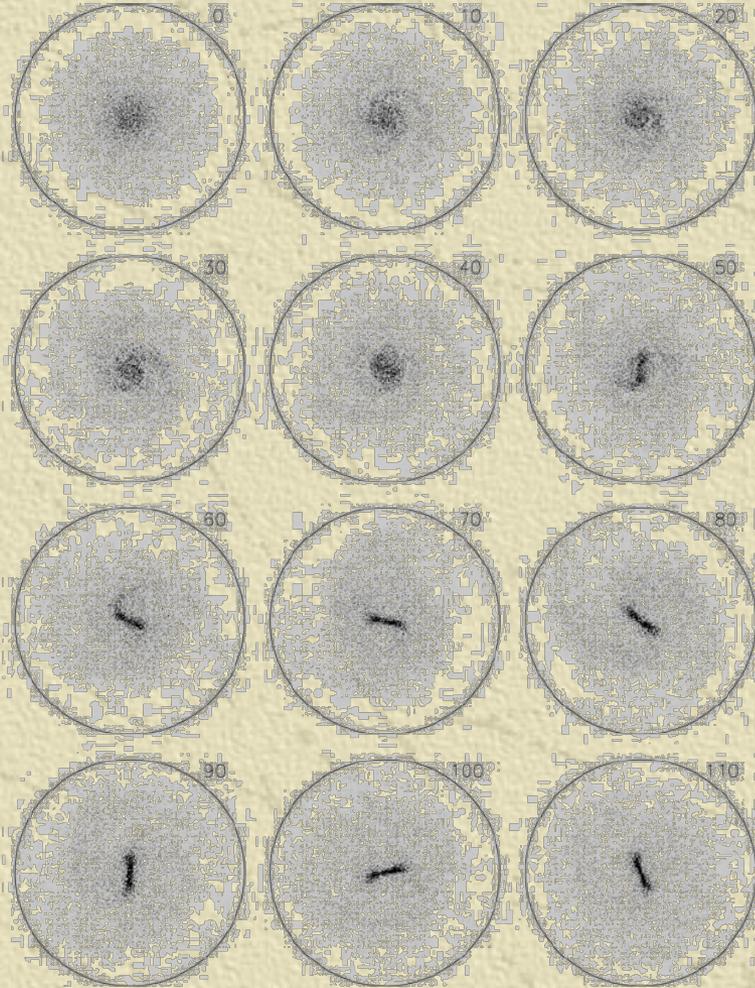


NGC5055 (optico vs rádio)



A Barra

Simulações numéricas envolvendo a auto-gravitação de partículas. Quase a totalidade das barras na natureza estão conectadas com os braços, indicando uma forte relação entre as mesmas.



Galáxias Espirais – Classificação dos Braços

Quanto à aparência dos braços há 3 tipos básicos de espirais (esquema proposto por D. Elmegreen e B. Elmegreen):



- as **Grand Design**: com braços espirais simétricos e bem desenvolvidos.
Exemplo: M81



- as **Flocculentas**: com numerosos braços pequenos e assimétricos.
Exemplo: NGC7793



- as com **braços múltiplos**, com características intermediárias entre as **Grand Design** e as **Flocculentas**
Exemplo: NGC6946

o índice de classificação de braços espirais (TB) de Elmegreen & Elmegreen (1982) busca classificar numa seqüência os braços espirais, partindo dos mais irregulares e fragmentados (classe 1 a 3) para os mais simétricos e suavizados (10 a 12))

Efeitos dos Braços nos Perfis de Luminosidade

S são sistemas bastante complexos: bojo, disco, braços espirais, barras, anéis. Em primeira aproximação:

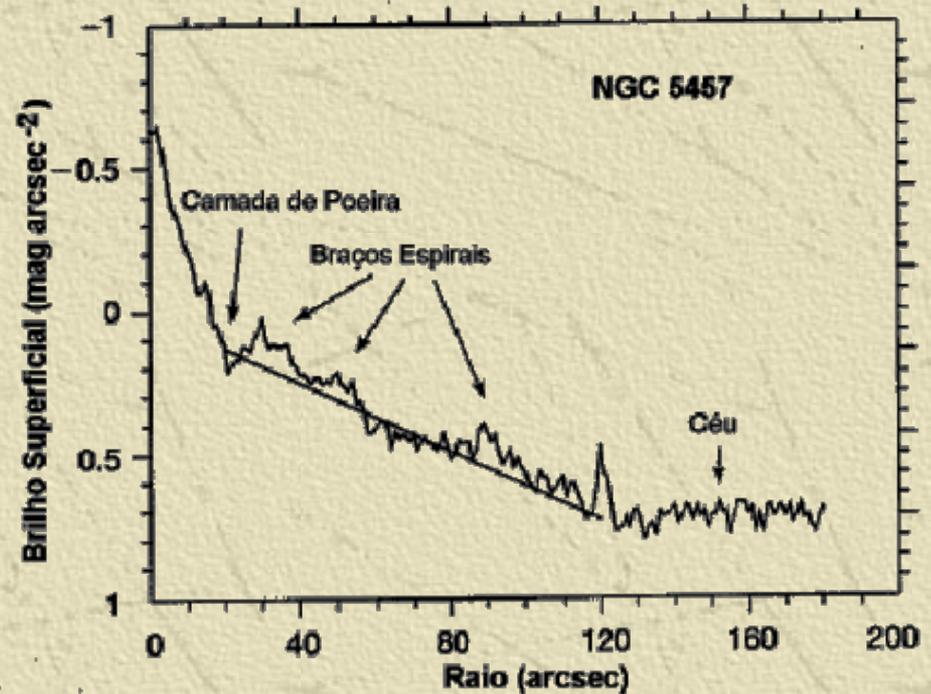


Figura 6.1: Perfil radial de brilho da galáxia NGC5457. O segmento de reta representa um perfil exponencial.

Perfis azimutais

Usados para quantificar a amplitude relativa de um braço espiral ou de uma barra em relação à região inter braços

– o contraste braço-interbraço depende da cor: maior no U que em B os braços são mais azuis que o disco subjacente

– o contraste dos braços geralmente aumenta com o raio

– galáxias flocculentas: os segmentos de braços aparecem como picos irregularmente espaçados no perfil azimutal

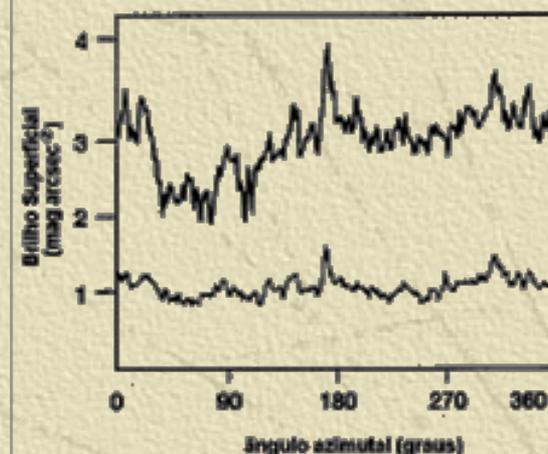
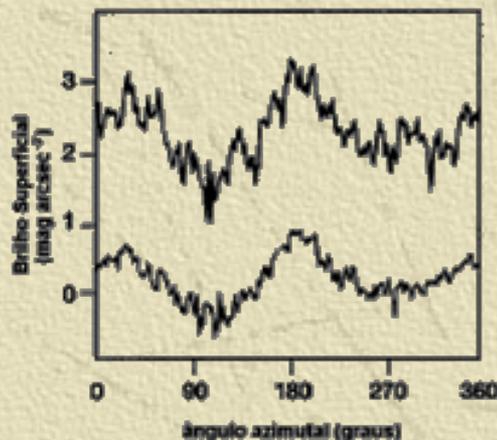
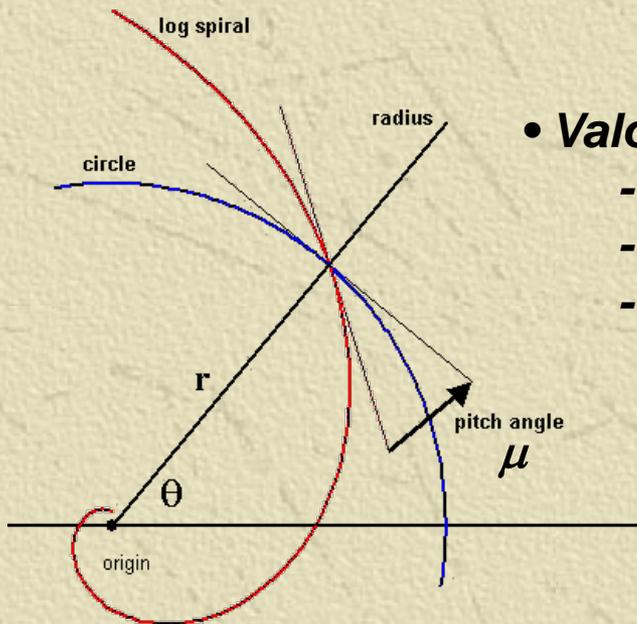


Figura 6.2: Perfis azimutais em B e I da galáxia grand design NGC4321 (esquerda) e da galáxia flocculenta NGC5055 (direita). Note, no primeiro caso, que os braços principais estão separados por 180°.

Ângulo de Abertura dos Braços Espirais (Pitch Angle)

O ângulo de abertura dos braços espirais (pitch angle) é o ângulo entre a tangente ao círculo e a tangente ao braço em P.



• **Valores típicos:**

- Sa: $\mu \sim 7^\circ$
- Sb: $\mu \sim 13^\circ$
- Sc: $\mu \sim 17^\circ$

Como parte da classificação de Morgan & Keenan (Classificação de Yerkes) classifica-se as galáxias de acordo com o tipos espectral estelar observado dominante.

Spectral Type	Explanation
a	Prominent A stars
af	Prominent A-F stars
f	Prominent F stars
fg	Prominent F-G stars
g	Prominent G stars
gk	Prominent G-K stars
k	Prominent K stars

FIG. 8. Measured pitch angle vs the morphological classifications of Morgan. The latter emphasize disk/bulge morphology.

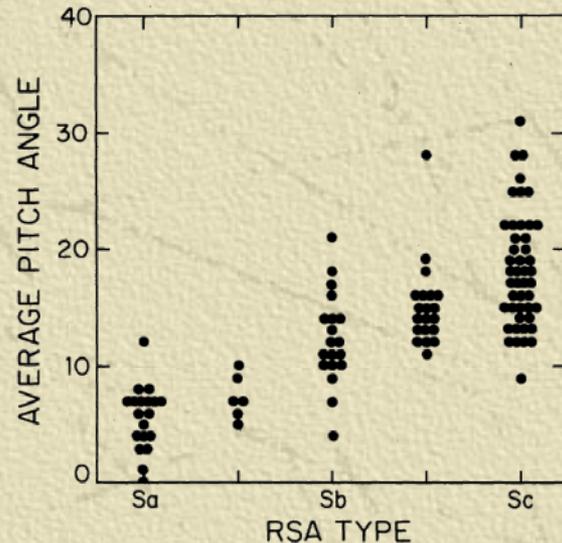
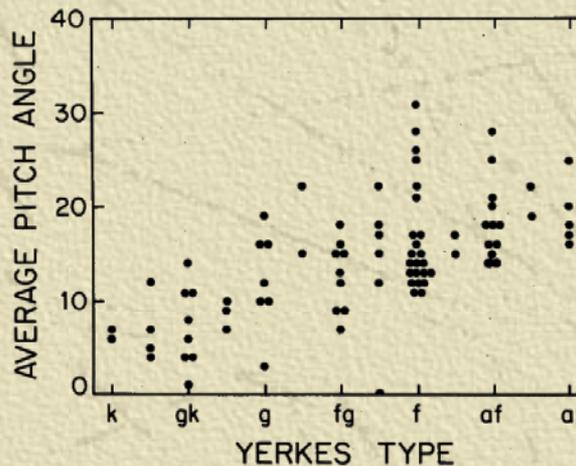
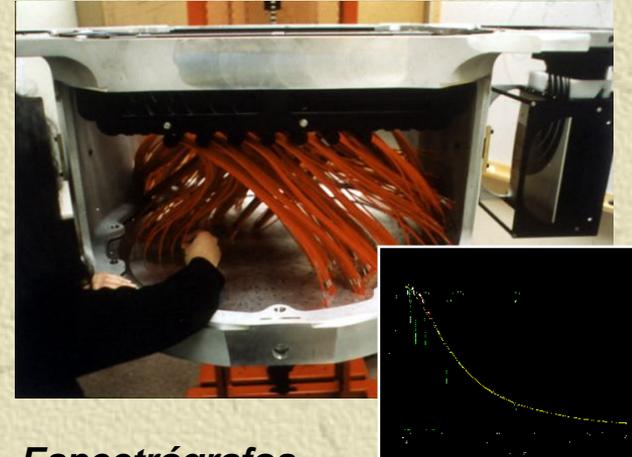
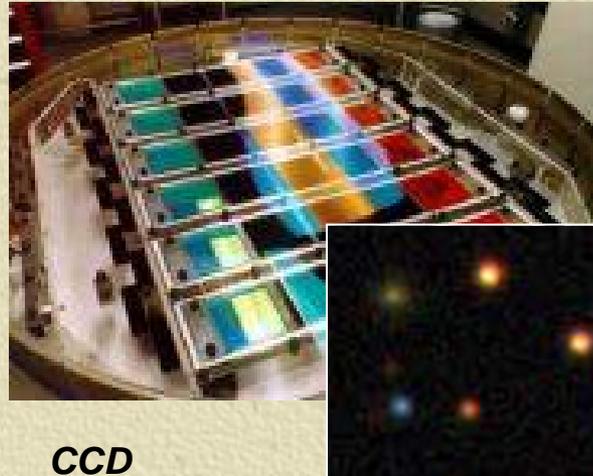
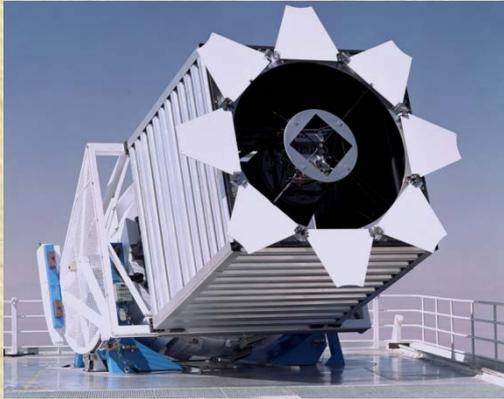


FIG. 7. Measured pitch angle vs Hubble type, the latter from Sandage and Tammann.



O que é o Sloan Digital Sky Survey (SDSS)

Projeto que mapeia o céu noturno com um telescópio de 2,5 m de diâmetro dedicado a observações fotométricas e espectroscópicas de objetos da magnitude 9 até a magnitude 23.



Telescópio

- Refletor de 2.5m F/5
- Campo estendido de ~1,5 graus quadrados de campo de visão (8 vezes a área da lua cheia);
- Montagem altazimutal
- Técnica de “drift scanning”

CCD

- 30 detectores
- 2048 x 2048 pixels
- Dispostos em 6 colunas
- Cinco filtros diferentes para cada coluna (filtros: u, g, r, i, z)
- 54 segundos de exposição em cada filtro, dependendo da missão

Espectrógrafos

- Usa fibras ópticas;
- Máscaras confeccionadas em alumínio com furos na disposição dos astros a serem observados;
- 640 espéctros simultâneos;
- De 6 a nove máscaras são utilizadas por noite.
- Resolução moderada de 3800 to 9200 Å

Acesso aos Dados

Todos os dados são publicamente disponíveis de forma gratuita pelo site:

<http://skyserver.sdss.org>

SLOAN DIGITAL SKY SURVEY III
SkyServer DR12

Home | Data | Schema | Education | Astronomy | SDSS

Within the next few weeks, we will roll out a new collection of features for SkyServer. SciServer will integrate the current SkyServer and add several new features. The main feature is a SkyServer Sign application. SkyServer will still support anonymous access. With a SkyServer account, you can save queries and results to your account. You can also seamlessly access other SkyServer services. For more information on all upcoming new features, please visit the SciServer website.

Welcome to the DR12 site!!!

This website presents data from the Sloan Digital Sky Survey, a project to make a map of a large part of the universe. We would like to show you the beauty of the universe, and share with you our excitement as we build the largest map in the history of the world.

Data Access | **Education** | **Links**

Navigate | Quick Look | Explore | Finding Chart | Image List | Search | IQS | SQS | IRSQS | SQL Search | Cross-ID | CasJobs

For Educators | Lesson Plans | Middle School | High School | College Activities | Instructor | Student/Public Resources | Galaxy Zoo | Zooniverse | Voyages

sdss3.org | Data Release | SDSS-III Science Archive | About Astronomy | About the Survey | About SkyServer

Contact Us

DR12

Home | Help | Finding Chart | List | Explore | Parameters

DR12

Summary

Explore

Search by

- Objid
- Ra,dec
- 5-part SDSS
- Plate-MJD-Fiber

Notes

- Add to Notes
- Show Notes

Finding Chart

Print

Help

- Tutorial
- Examples

Select Image Source : SDSS 2MASS

Selected object

ra	132.74897
dec	11.65616

Summary data for: SDSS J000002.15-093136.9

Position Data (How do I find it?)

Object ID (objID):	Right ascension (ra):	Declination (dec):
1237652901285003577	0.00897822389548253	-9.52693933898832

Image Data (What does it look like?)

Preview image (click to go to Navigate tool)

Spectrum Data (What does its spectrum look like?)

Preview spectrum (click for a larger version)

Survey: sdss Program: legacy Target: GALAXY,RED SERENITY_FIRST GALAXY,RED,J1
Ra=0.00897822389548253, Dec=-9.52693933898832, Filter=SDSS r, Fiber=481, MJD=52143
objID=1237652901285003577 Class=GALAXY
No warnings.

Object Type (type): GALAXY

Magnitudes:

Ultraviolet (u):	22.44 ± 0.62
Green (g):	21.11 ± 0.08
Red (r):	19.35 ± 0.03
Infrared - 7600 Å (i):	18.50 ± 0.02
Infrared - 9100 Å (z):	18.06 ± 0.05

Interactive spectrum

Spectral classification (Class): Spectral classification (Class)

Redshift Data:

Redshift (z):	0.4660518
---------------	-----------

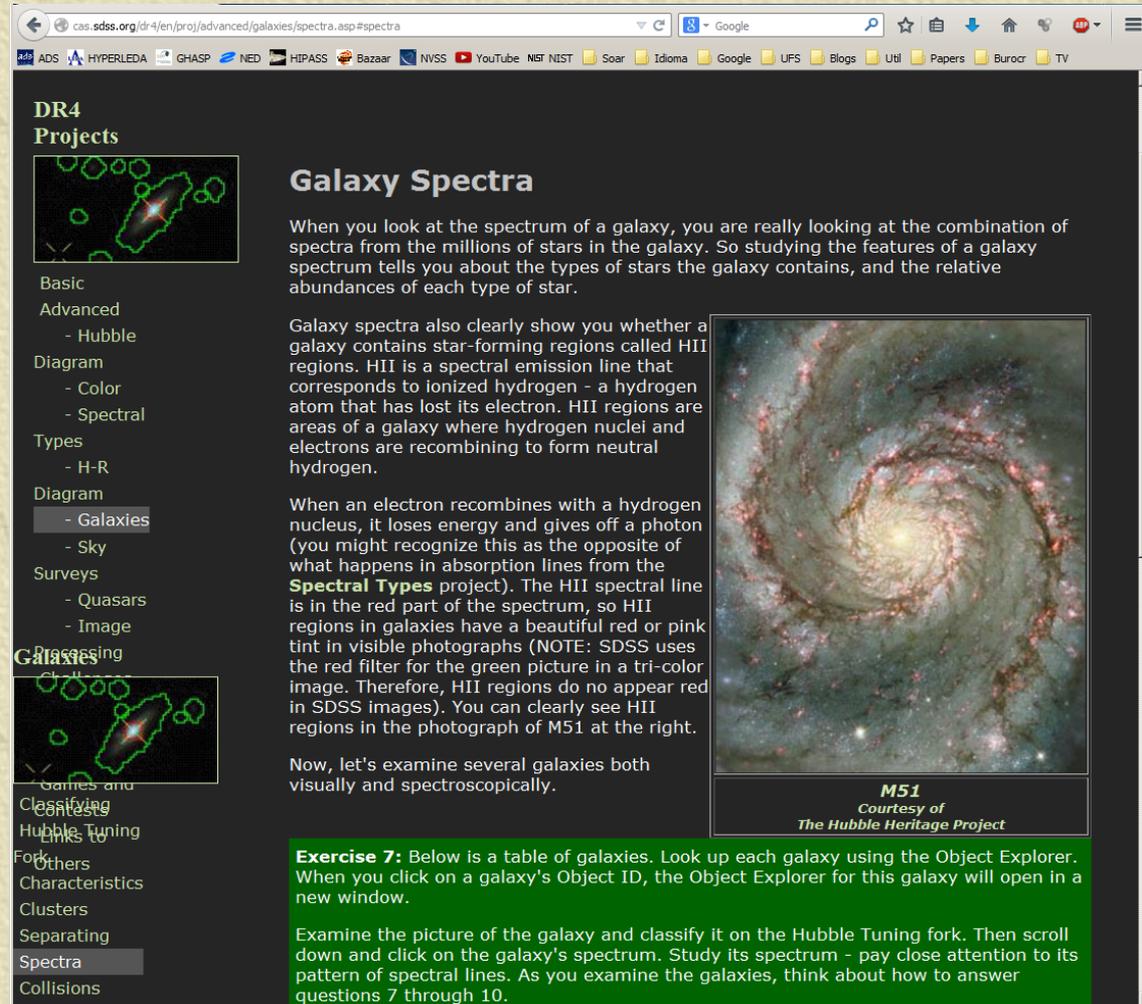
Get spectrum as CSV

Navegação

Visão Rápida

Espectros das Galáxias

Atividade com página do SLOAN:



DR4 Projects

- Basic
- Advanced
 - Hubble
- Diagram
 - Color
 - Spectral
- Types
 - H-R
- Diagram
 - Galaxies
 - Sky
- Surveys
 - Quasars
 - Image
- Galaxies
 - Clusters
- Games and Classifying
- Hubble Tuning
- For Others
- Characteristics
- Clusters
- Separating
- Spectra
- Collisions

Galaxy Spectra

When you look at the spectrum of a galaxy, you are really looking at the combination of spectra from the millions of stars in the galaxy. So studying the features of a galaxy spectrum tells you about the types of stars the galaxy contains, and the relative abundances of each type of star.

Galaxy spectra also clearly show you whether a galaxy contains star-forming regions called HII regions. HII is a spectral emission line that corresponds to ionized hydrogen - a hydrogen atom that has lost its electron. HII regions are areas of a galaxy where hydrogen nuclei and electrons are recombining to form neutral hydrogen.

When an electron recombines with a hydrogen nucleus, it loses energy and gives off a photon (you might recognize this as the opposite of what happens in absorption lines from the **Spectral Types** project). The HII spectral line is in the red part of the spectrum, so HII regions in galaxies have a beautiful red or pink tint in visible photographs (NOTE: SDSS uses the red filter for the green picture in a tri-color image. Therefore, HII regions do not appear red in SDSS images). You can clearly see HII regions in the photograph of M51 at the right.

Now, let's examine several galaxies both visually and spectroscopically.

M51
Courtesy of
The Hubble Heritage Project

Exercise 7: Below is a table of galaxies. Look up each galaxy using the Object Explorer. When you click on a galaxy's Object ID, the Object Explorer for this galaxy will open in a new window.

Examine the picture of the galaxy and classify it on the Hubble Tuning fork. Then scroll down and click on the galaxy's spectrum. Study its spectrum - pay close attention to its pattern of spectral lines. As you examine the galaxies, think about how to answer questions 7 through 10.

Busca de Imagens e Espectros

Usar ferramenta "search":

Within the next few weeks, we will roll out SciServer. SciServer will integrate the add several new features. The main feature applications. SkyServer will still support a SciServer account, you can save queries CasJobs. You can also seamlessly access

For more information on all upcoming new the SciServer website.

Welcome to the DR12 site!!!

This website presents data from the Sloan Digital Sky Survey. You can explore the beauty of the universe, and share with us how we build the largest map in the history of the universe.

Data Access

Navigate

Quick Look | Explore

Finding Chart

Image List

Search

IQS | SQS | IRSQS

SQL Search

Cross-ID

CasJobs

Education

For Educators

Lesson Plans

Middle School

High School

College Lab Activities:

Instructor Guides

Student/Public Resources

Galaxy Zoo

Zooniverse

Voyages

Search

- Radial
- Rectangular
- Search Form
- SQL
- Imaging Query
- Spectro Query

Object Crossid

CasJobs

Search Tools for sky

- **ra, dec** are the names and units of the object
- They can be separated by a space
- **radius** is the size of the search area
- It is measured in arcminutes
- **u, g, r, i, z** are the filter names
- These can be separated by a space

Contact Us

DR12 Tools

- Getting Started
- Famous places
- Get images
- Scrolling sky
- Visual Tools
- Search
 - Radial
 - Rectangular
 - Search Form
 - SQL
 - Imaging Query
 - Spectro Query
- Object Crossid
- CasJobs

Imaging Query Form

Submit Request Limit number of output rows (0 for max) to 50 Reset Form

Output Format HTML XML CSV JSON VOTable FITS

Please see the [Query Limits help page](#) for **timeouts** and **row limits**. To get FITS files from the [Science Archive Server \(SAS\)](#), please use the button(s) on the query results page.

Parameters to return

(Shift-mouse to select multiple contiguous entries, Ctrl-mouse to select non-contiguous entries)

Imaging	Spectroscopy
minimal	none
typical	minimal
radec	typical

Submit Request Reset Form

Position Constraints

Rectangle min ra [] dec [] max ra [] dec [] (max 10 square degrees)

Cone center ra [10] dec [0.2] radius [5.0] arcmin (max 30')

Proximity List of ra, dec[, radius] (max 100 obj) ra, dec, sep 256.443154, 58.0255, 1.0 29.94136, 0.08930, 1.0

Nearest Only All Nearby radius [1.0] arcmin (max 10')

Upload File Selecionar arquivo... Nenhum z

Spectroscopic Query Form

Submit Request Limit number of output rows (0 for max) to 50 Reset Form

Output Format HTML XML CSV JSON VOTable FITS

Please see the [Query Limits help page](#) for **timeouts** and **row limits**. To get FITS files from the [Science Archive Server \(SAS\)](#), please use the button(s) on the query results page.

Parameters to return

(Shift-mouse to select multiple contiguous entries, Ctrl-mouse to select non-contiguous entries)

Spectroscopy	Imaging
minimal	none
typical	minimal
radec	typical

Submit Request Reset Form

Position Constraints

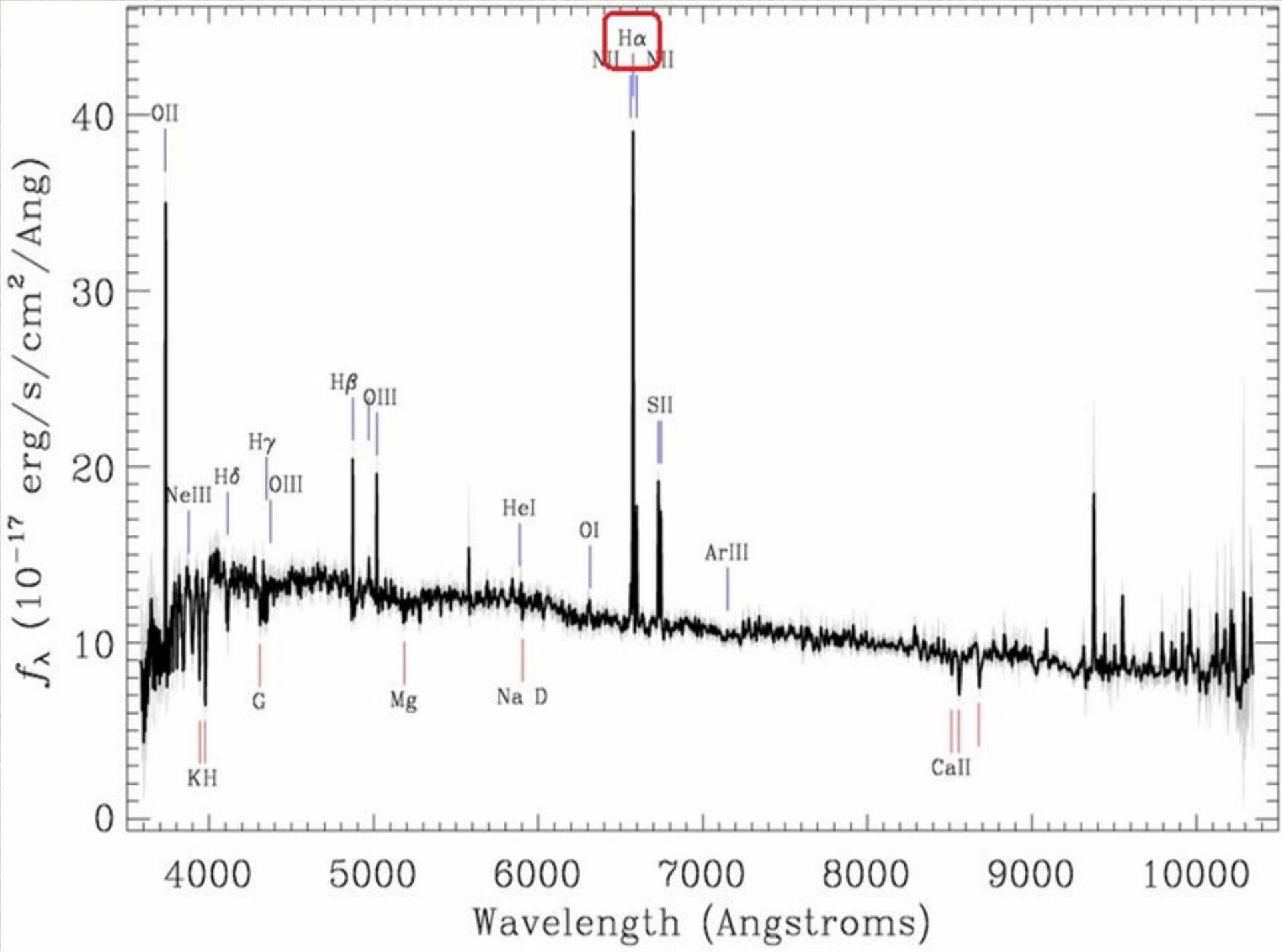
Rectangle min ra [] dec [] max ra [] dec [] (max 10 square degrees)

Cone center ra [10] dec [0.2] radius [5.0] arcmin (max 30')

Proximity List of ra, dec[, radius] (max 100 obj) ra, dec, sep 256.443154, 58.0255, 1.0 29.94136, 0.08930, 1.0

None No position constraint

Submit Request Reset Form

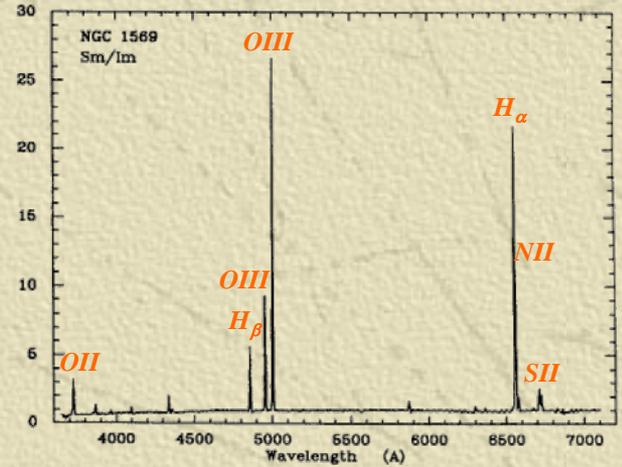
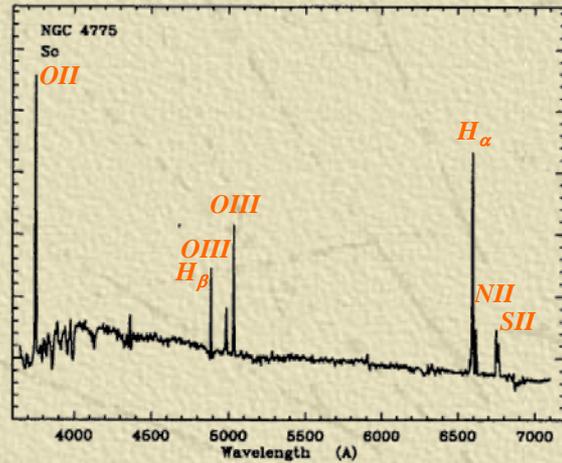
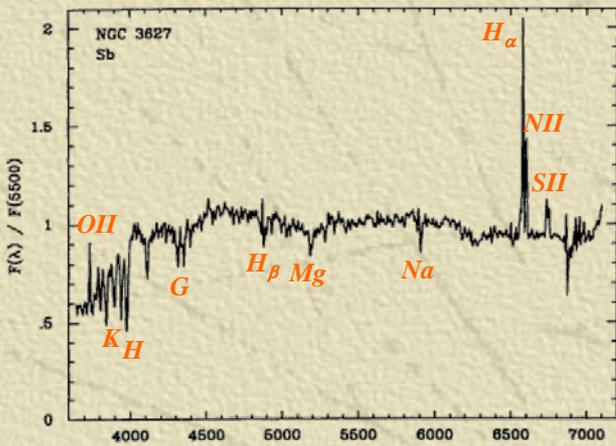
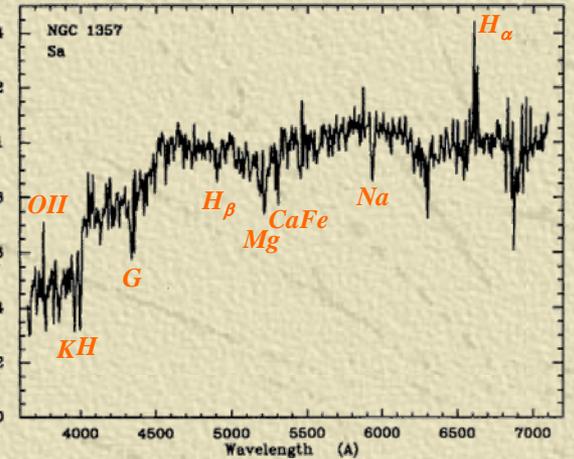
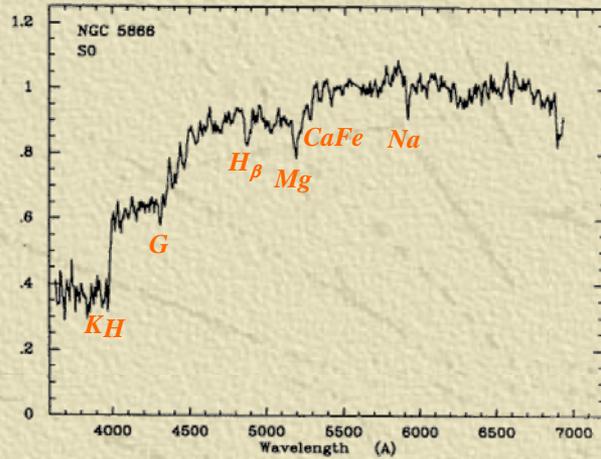
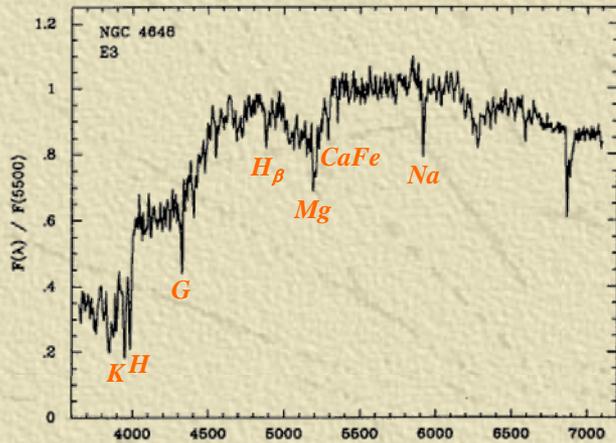


Exemplo de Linhas Espectrais Típicas e Galáxias

Algumas linhas importantes associadas tanto à emissão quanto a absorção em galáxias.

Linha	λ [Å]	Linha	λ [Å]
MgII	2798,000	[OIII]	4958,910
[OII]	3727,300	[OIII]	5006,840
[NeIII]	3868,760	[Ni]	5199,100
HeI	3888,646	HeII	5411,520
H ϵ	3970,100	[NII]	5754,590
H δ	4101,700	HeI	5875,618
H γ	4340,500	[OI]	6300,230
[OIII]	4363,209	[SIII]	6312,060
HeI	4471,479	[OI]	6363,776
HeII	4685,700	[ArV]	6435,100
[ArIV]	4711,370	[NII]	6548,060
[ArIV]	4740,170	H α	6562,820

Exemplos Espectros Galácticos



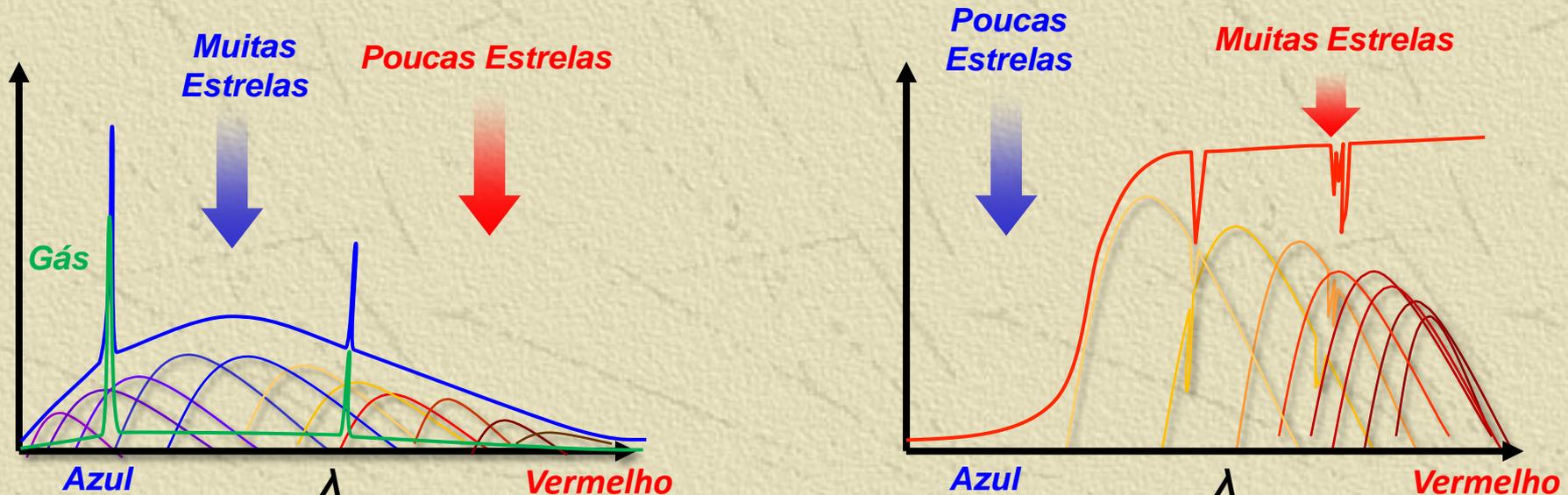
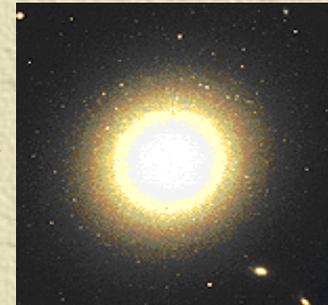
[Kennicutt 1992, ApJS 79, 255]

Explicação das Cores e dos Espectros

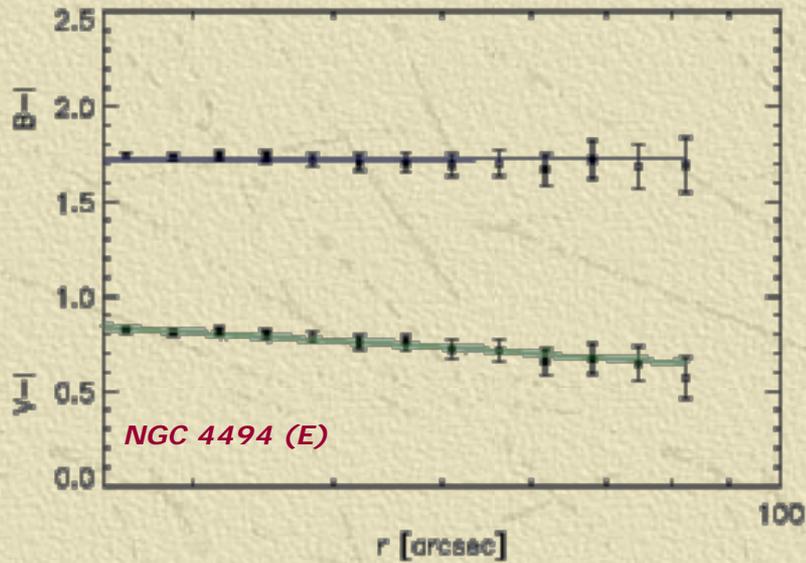
As cores e os espectros das são o resultado da soma de diversas componentes de estrelas, gás e poeira (síntese espectral). Assim, galáxias espirais são mais azuis e apresentam linhas de emissão, enquanto galáxias elípticas são mais vermelhas e muitas linhas de absorção.



Se a galáxia não está mais formando estrelas e há pouco gás, haverá poucas estrelas azuis de vida curta contribuindo para o espectro observado

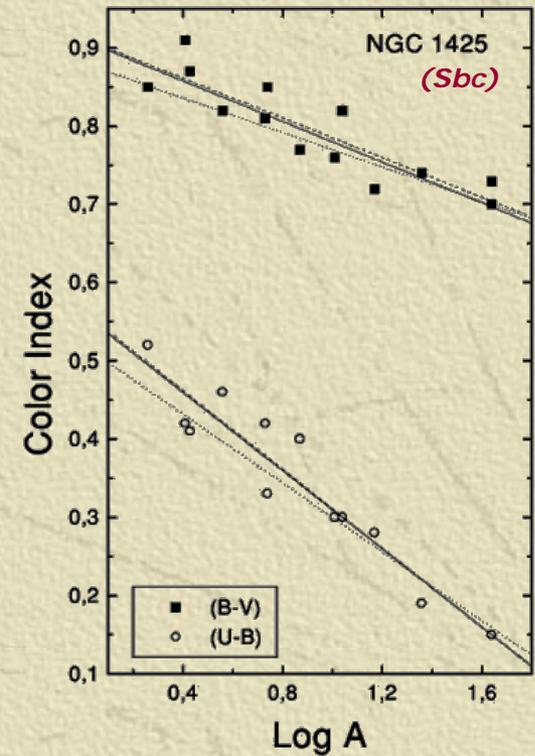


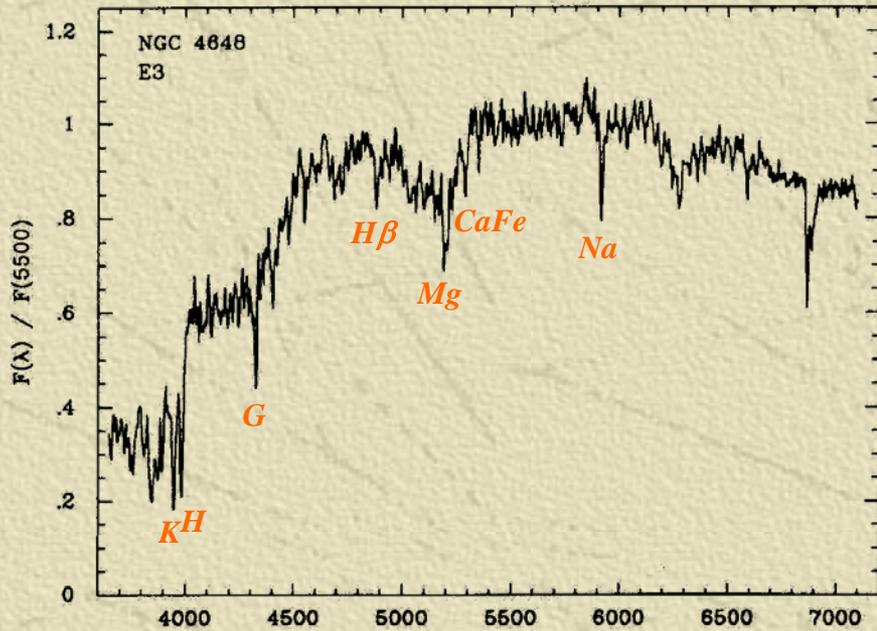
Gradientes de Cores



[Peletier et al. 1990,
A&A 233, 62]

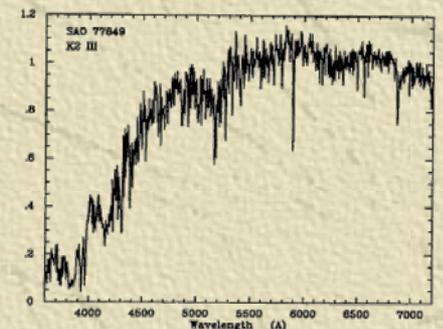
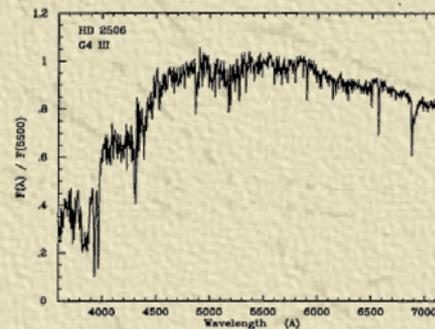
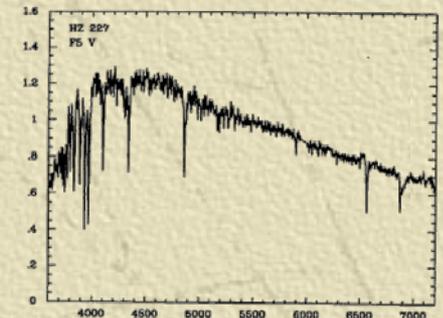
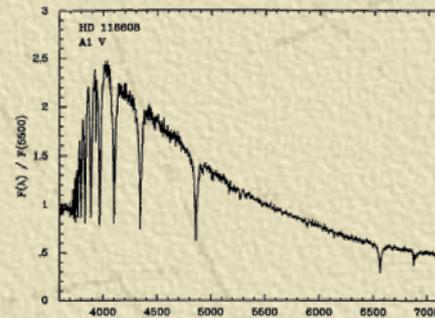
[Gadotti & Dos
Anjos 2001,
AJ 122, 1298]

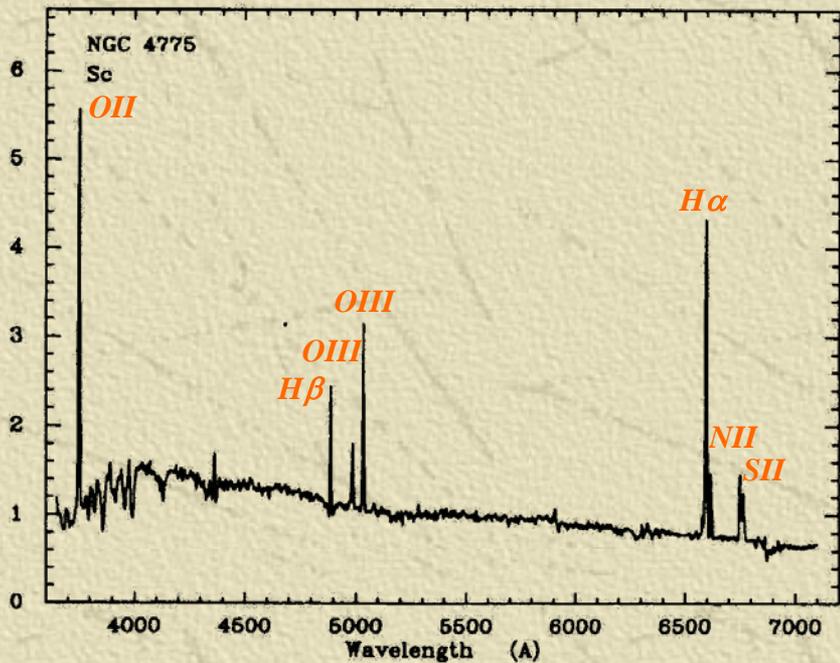




*Espectro galáctico de absorção
(early-type)*

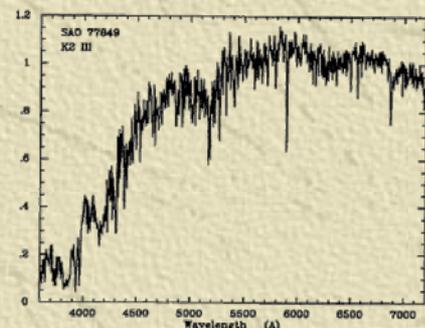
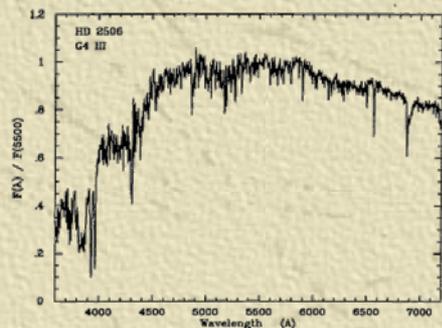
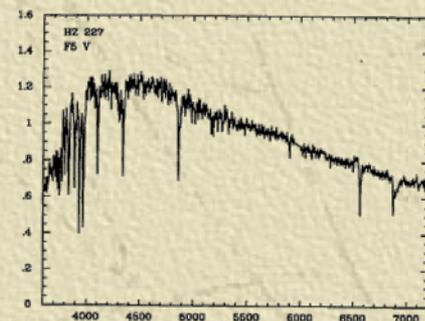
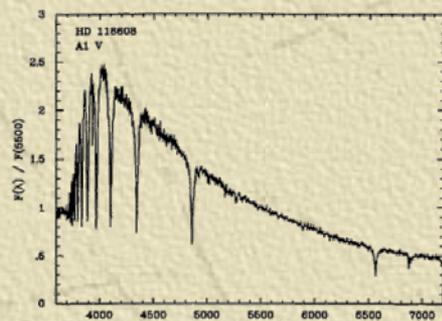
Espectros estelares de comparação





Espectro galáctico de emissão (late-type)

Espectros estelares de comparação



Espectros Galácticos

O espectro integrado das galáxias nos dão informação sobre a população estelar que compõe a galáxia e sua formação estelar (SF).

✓ classes de espectros galácticos são correlacionados com a classificação morfológica;

[Humason 1936] – Foi o primeiro a classificar galáxias espectroscopicamente:

E (espectro próximo a uma estrela G3.6)

Sc (parece F8.8)

✓ síntese de população é a construção da galáxia a partir da combinação de proporções de diferentes tipos de populações estelares.

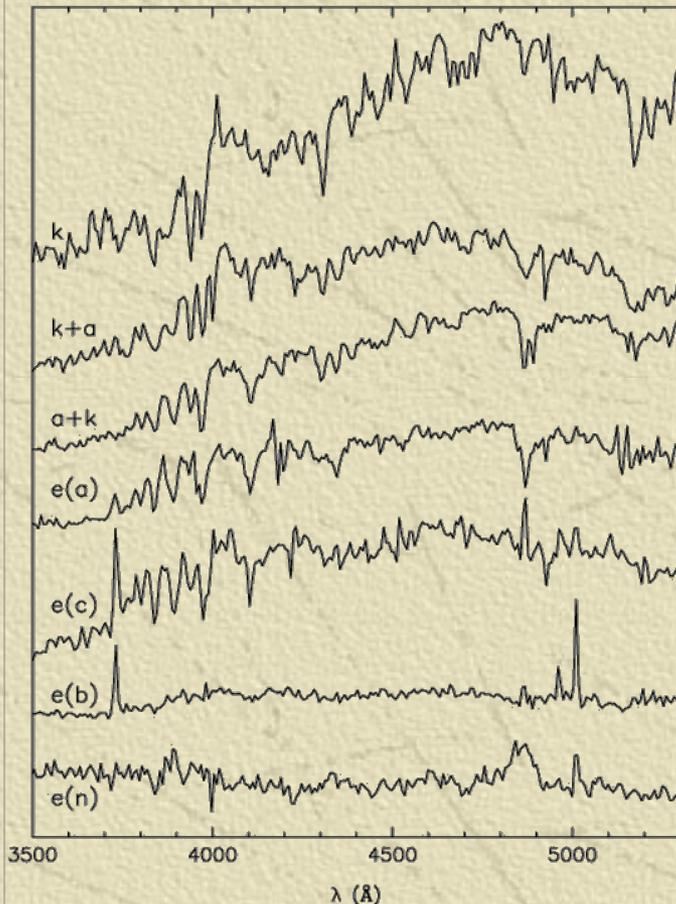
Espectro de Absorção (early-type):

- **População Estelar: velha**
- **Sem formação estelar recente (Pouco gás frio)**
- **Balmer break ($\lambda < 4000$) – opacidade de fotosfera estelares cresce rapidamente abaixo desse λ (presença de metais em diversos graus de ionização)**
- **Linhas de absorção (da atmosfera de gigantes vermelhas frias): Call K ($\lambda 3934$), Call H ($\lambda 3969$), G ($\lambda 4304$), Mg_b ($\lambda 5175$), Ca+Fe ($\lambda 5269$), Na D ($\lambda 5893$), etc**

Espectro de emissão (late-type):

- **População estelar: rica em estrelas OB jovens**
- **Formação estelar contínua (rica em gás)**
- **Contínuo alto no UV (indicativo de SF)**
- **Linhas de emissão (produzido pelo gás fotoionizado a partir da energia emitida por estrelas OB massivas): OII ($\lambda 3727$), H _{β} ($\lambda 4861$), OIII ($\lambda 4959$, $\lambda 5007$), H _{α} ($\lambda 6563$), NII ($\lambda 6548$, $\lambda 6584$), SII ($\lambda 6717$, $\lambda 6731$), etc**

Classificação de Espectros Galácticos



[Dressler et al. 1999, ApJS 122, 51]

TABLE 6
SPECTRAL CLASSIFICATION SCHEME

Class	EW [O II] 3727 (Å)	EW H δ (Å)	Color	Comments
k.....	Absent	<3	...	Passive
k+a.....	Absent	3-8	...	Moderate Balmer absorption without emission
a+k.....	Absent	≥ 8	...	Strong Balmer absorption without emission
e(c).....	Yes, <40	<4	...	Moderate Balmer absorption plus emission, spiral-like
e(a).....	Yes	≥ 4	...	Strong Balmer absorption plus emission
e(b).....	≥ 40	...	...	Starburst
e(n).....	...	...	...	AGN from broad lines or [O III] 5007/H β ratio
e.....	Yes	?	...	With at least one emission line but S/N too low to classify
?.....	?	?	...	Unclassifiable
CSB.....	...	...	Very blue	Photometrically defined starburst

Características de Galáxias Espirais e Irregulares

Características gerais:

	Sa	Sb	Sc
M_B	-17 to -23	-17 to -23	-16 to -22
$M (M_\odot)$	10^9-10^{12}	10^9-10^{12}	10^9-10^{12}
$\langle L_{\text{bulge}}/L_{\text{total}} \rangle_B$	0.3	0.13	0.05
Diameter (D_{25} , kpc)	5-100	5-100	5-100
$\langle M/L_B \rangle (M_\odot/L_\odot)$	6.2 ± 0.6	4.5 ± 0.4	2.6 ± 0.2
$\langle V_{\text{max}} \rangle (km s^{-1})$	299	222	175
V_{max} range ($km s^{-1}$)	163-367	144-330	99-304
pitch angle	$\sim 6^\circ$	$\sim 12^\circ$	$\sim 18^\circ$
$\langle B - V \rangle$	0.75	0.64	0.52
$\langle M_{\text{gas}}/M_{\text{total}} \rangle$	0.04	0.08	0.16
$\langle M_{\text{H}_2}/M_{\text{H I}} \rangle$	2.2 ± 0.6 (Sab)	1.8 ± 0.3	0.73 ± 0.13
$\langle S_N \rangle$	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2	0.5 ± 0.2

*Espirais
Early-type*

	Sd/Sm	Im/Ir
M_B	-15 to -20	-13 to -18
$M (M_\odot)$	10^8-10^{10}	10^8-10^{10}
Diameter (D_{25} , kpc)	0.5-50	0.5-50
$\langle M/L_B \rangle (M_\odot/L_\odot)$	~ 1	~ 1
V_{max} range ($km s^{-1}$)	80-120	50-70
$\langle B - V \rangle$	0.47	0.37
$\langle M_{\text{gas}}/M_{\text{total}} \rangle$	0.25 (Scd)	0.5-0.9
$\langle M_{\text{H}_2}/M_{\text{H I}} \rangle$	0.03-0.3	~ 0
$\langle S_N \rangle$	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.2

*Espirais
Late-type*