

Sobre as Galáxias

Alejandro Hernández A.

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil

03/11/2019

O que é uma galáxia?

Galáxia é um termo que se origina da palavra **gala**, que significa **“leite”**, em grego. Os antigos a denominaram **“Via Láctea”** à **faixa esbranquiçada** que corta o céu noturno, cujo significado em latim é “caminho de leite”.



Figure 1: Imagem da Via Láctea. Imagem tirada de ¹.

¹<http://astro.if.ufrgs.br/vialac/vialac.htm>

O que é uma galáxia?

Kant: "[A] analogia [das nebulosas] com o sistema estelar em que vivemos... está em perfeita concordância com o conceito de que esses objetos elípticos são simplesmente universos [ilha], em outras palavras, Vias Lácteas ...".

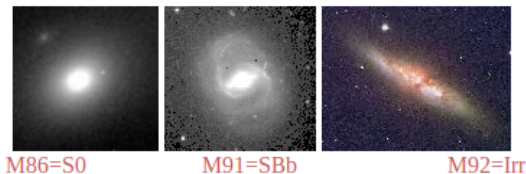


Figure 2: Imagens de diferentes galáxias. Imagem tirada de ².

²<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

O que é uma galáxia?

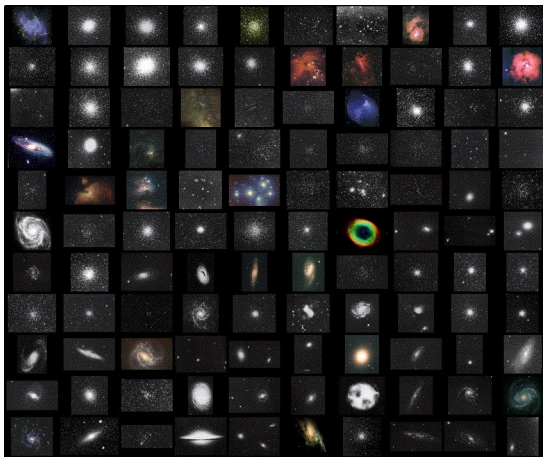


Figure 3: Imagens de diferentes galáxias. Imagem tirada de ³.

³<http://www.messier.seds.org/>

O que é uma galáxia?

Uma galáxia é um grande sistema, **gravitacionalmente ligado**, que consiste de **estrelas, remanescentes de estrelas, um meio interestelar de gás e poeira**, e um importante mas insuficientemente conhecido componente apelidado de **matéria escura**.

Breve história da descoberta de galáxias

- Até **1908**, cerca de 15 000 nebulosas haviam sido catalogadas e descritas. O problema maior era que a distância a elas não era conhecida.
- **Harlow Shapley** (1885-1972), do Mount Wilson Observatory, defendia que as nebulosas espirais eram objetos da nossa Galáxia.
- **Heber Doust Curtis** (1872-1942), do Lick Observatory, defendia a idéia oposta, de que eram objetos extragalácticos.
- Em **1923**, **Edwin Powell Hubble** (1889-1953) proporcionou a evidência definitiva para considerar as “nebulosas espirais” como galáxias independentes, ao identificar uma variável Cefeida na “nebulosa” de **Andrômeda** (M31).

Breve história da descoberta de galáxias

- A partir da relação conhecida entre período e luminosidade das **Cefeidas** da nossa Galáxia, e do brilho aparente das Cefeidas de Andrômeda, Hubble pode calcular a distância entre esta e a Via Láctea, obtendo um valor de 2,2 milhões de anos-luz.
- Em 1951, o astrônomo alemão Wilhelm Heinrich Walter Baade (1893-1960), pode medir a distância de centenas de galáxias fora do Grupo Local, mostrando que a Via Láctea e o Grupo Local são objetos normais em um Universo muito maior, sem qualquer posição de destaque.

Classificação morfológica de galáxias

As galáxias são classificadas de acordo com sua morfologia em três categorias gerais: **elípticas, espirais e irregulares**.

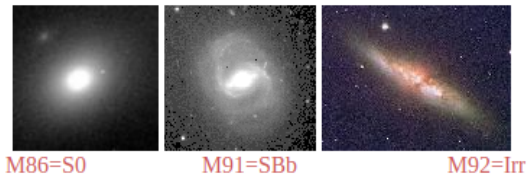
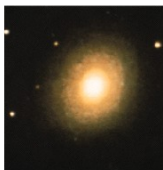


Figure 4: Imagens de diferentes galáxias.

Galáxias espirais (S)

Andrômeda (M31) e a nossa própria Galáxia são espirais típicas. Elas possuem um **núcleo, um disco, um halo, e braços espirais**. Assim, elas são subdivididas nas categorias Sa, Sb e Sc. A população estelar típica das galáxias espirais está formada por estrelas jovens e velhas.

Tipo	Características
a	Núcleo maior, braços pequenos e bem enrolados.
b	Núcleo e braços intermediários.
c	Núcleo menor, braços grandes e mais abertos.



Sa



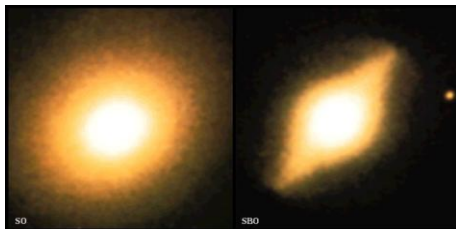
Sb



Sc

Galáxias lenticulares S0 e SB

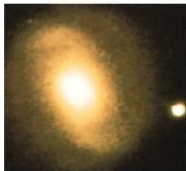
Existem algumas galáxias que têm núcleo, disco e halo, mas não têm traços de estrutura espiral. Hubble classificou essas galáxias como S0, e elas são às vezes chamadas lenticulares.



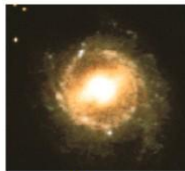
As galáxias espirais e lenticulares juntas formam o conjunto das galáxias discoidais.

Galaxias espirais barradas SB

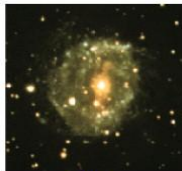
Mais ou menos metade de todas as galáxias discoidais apresentam uma estrutura em forma de barra atravessando o núcleo. Elas são chamadas barradas.



SBa



SBb



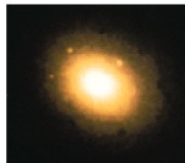
SBc

Galáxias elípticas E

As galáxias elípticas apresentam forma esférica ou elipsoidal, e não têm estrutura espiral. Têm pouco gás, pouca poeira e poucas estrelas jovens.



E0



E3



E6

As galáxias elípticas estão divididas em classes de E0 a E7, de acordo com o seu grau de achatamento. $E_n, n = 10(a - b)/a$, sendo a o semi-eixo maior e b o semi-eixo menor.

Galaxias irregulares

Hubble classificou como galáxias irregulares aquelas que eram privadas de qualquer simetria circular ou rotacional, apresentando uma estrutura caótica ou irregular. Os dois exemplos mais conhecidos de galáxias irregulares são a Grande e a Pequena Nuvens de Magalhães, as galáxias vizinhas mais próximas da Via Láctea.



Figure 5: Grande (esquerda) e a Pequena (direita) Nuvens de Magalhães.

Resumo do modelo de classificação do Hubble

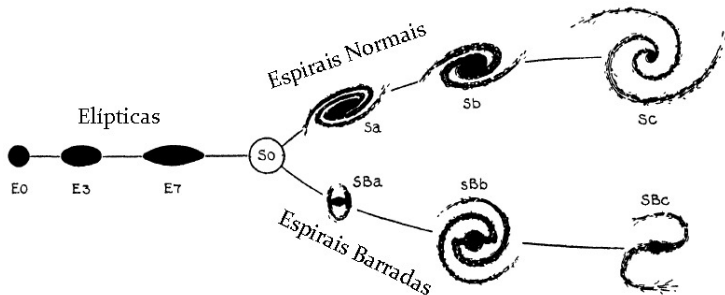


Figure 6: Modelo de classificação do Hubble. Imagem tirada de ⁴.

⁴<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Outras características das galáxias

Propriedade	Espirais	Elípticas	Irregulares
Massa ($M_{\odot}$)	10^9 a 10^{12}	10^5 a 10^{13}	10^8 a 10^{11}
Diâmetro (10^3 parsecs)	5 - 30	1 - 1000	1 - 10
Luminosidade ($L_{\odot}$)	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^{12}	10^7 a 2×10^9
População estelar	Velha e jovem	Velha	Velha e jovem
Tipo espectral	A a K	G a K	A a F
Gás	Bastante	Muito pouco	Bastante
Poeira	Bastante	Muito pouca	Varia
Cor	Azulada no disco	Amarelada	Azulada
	Amarelada no bojo		
Estrelas mais velhas	10^{10} anos	10^{10} anos	10^{10} anos
Estrelas mais jovens	Recentes	10^{10} anos	Recentes

Figure 7: Modelo de classificação do Hubble. Imagem tirada de ⁵.

⁵<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Aglomerados de Galáxias

As galáxias tendem a existir em grupos.

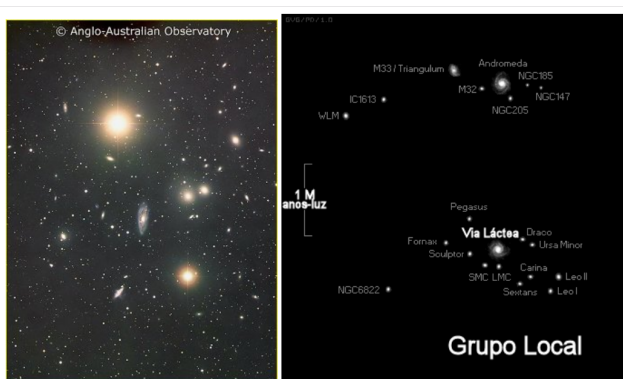


Figure 8: Foto do aglomerado Hydra e do Grupo Local.. Imagem tirada de ⁶.

⁶<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Aglomerados de Galáxias

- Jan Hendrik Oort demonstrou que as galáxias não estão distribuídas aleatoriamente no espaço, mas concentram-se em grupos e grande cúmulos.
- Oort demonstrou também que as 2500 galáxias do cúmulo de Virgem, movendo-se a 750 km/s, são insuficientes por um fator de 100 para manter o cúmulo gravitacionalmente estável, indicando novamente que a matéria escura deve ser dominante.
- Em 1953, o astrônomo francês Gérard de Vaucouleurs (1918-1995) demonstrou que os aglomerados de galáxias também formam superaglomerados.

Estrutura em Grande Escala

Margaret J. Geller (1947-) e John Peter Huchra (1948-2010), do Center for Astrophysics da Universidade de Harvard, e os **brasileiros Luiz Alberto Nicolaci da Costa** (1950-) e **Paulo Sergio de Souza Pellegrini** (1949-), do **Observatório Nacional**, estudaram a distribuição de galáxias em grande escala, mostrando que as galáxias não estão distribuídas uniformemente, mas formam filamentos no espaço.

Um exemplo destes filamentos é a Grande Parede (Great Wall), um concentração de galáxias que se estende por cerca de 500 milhões de anos-luz de comprimento, 200 milhões de anos-luz de altura, mas somente 15 milhões de anos-luz de espessura.

Entre estes filamentos estão regiões, de diâmetros de 150 milhões de anos-luz, quase sem galáxias.

Estrutura em Grande Escala

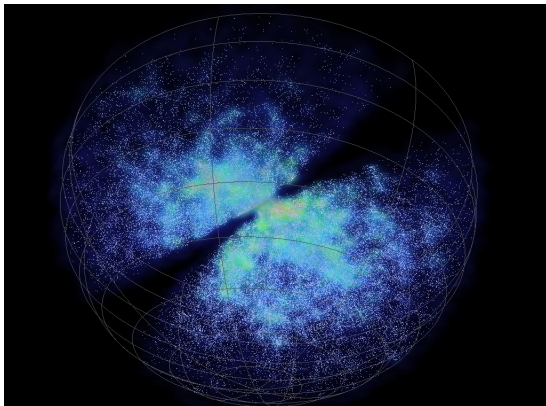


Figure 9: Distribuição de galáxias. Imagem tirada de ⁷.

⁷<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Estrutura em Grande Escala

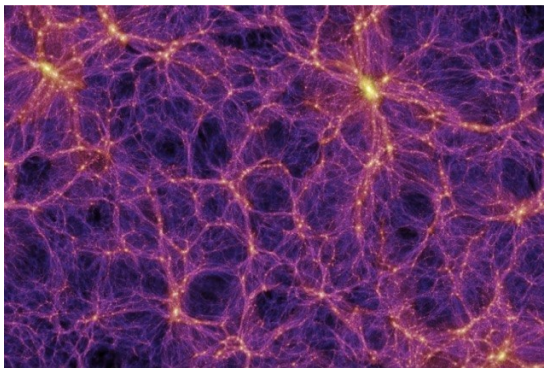


Figure 10: Estrutura de filamentos em grande escala. Imagem tirada de ⁸.

⁸<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Estrutura em Grande Escala

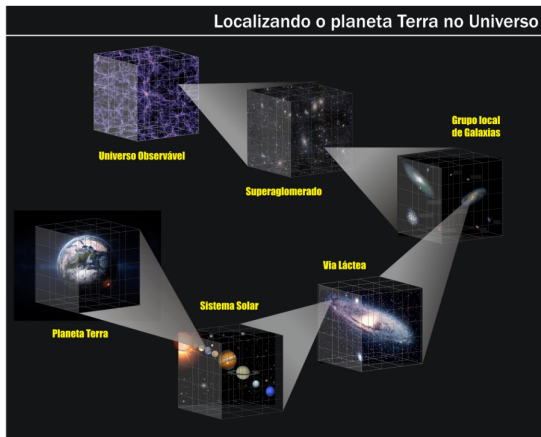
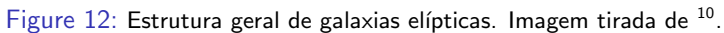


Figure 11: Resumo das escalas do universo. Imagem tirada de ⁹.

⁹<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Mais sobre galáxias espirais

- **Bojo (Bulge):** grupo esferoide de estrelas encontrado na região central da maioria das galáxias espirais.
- **Disco:** os discos galácticos consistem em um componente estelar (composto da maioria das estrelas da galáxia) e um componente gasoso (composto principalmente de gás e poeira frios).
- **Halo:** um halo galáctico é um componente estendido e aproximadamente esférico de uma galáxia que se estende além do componente principal visível.



¹⁰https://en.wikipedia.org/wiki/Thick_disk

Massas de galáxias espirais

As galáxias espirais têm grande parte das estrelas confinadas ao plano do disco, com órbitas quase circulares, e velocidades que dependem da distância ao centro. Nestas galáxias, a massa pode ser determinada através da curva de rotação, $v(R)$.

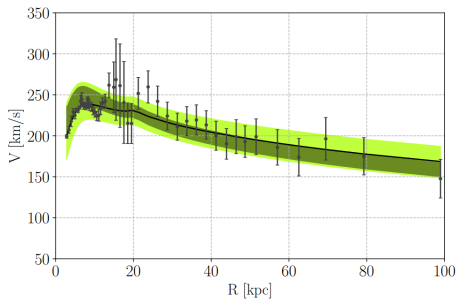


Figure 13: Curva de rotação da Vía Láctea. Imagem tirada de ¹¹.

¹¹Karukes, E. V., et al. *Bayesian reconstruction of the Milky Way dark matter distribution*. 2019. arXiv:1901.02463.

Galáxias elípticas

Nas partes externas de muitas espirais, a velocidade $v(R)$ permanece constante, de forma que quanto maior o raio R , maior a massa $M(R)$ interna a ele. Como as partes externas das galáxias são muito fracas, a partir de um certo valor de R a luminosidade não aumenta mais, mas de acordo com a curva de rotação a massa continua crescendo. Isso significa que uma grande parte da massa das galáxias deve ser não luminosa.

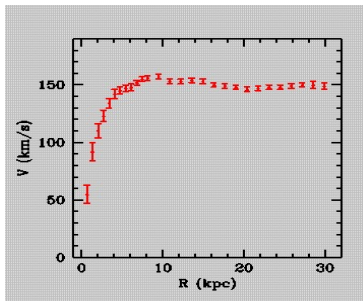


Figure 14: Curva de rotação para a galáxia espiral NGC3198. Imagem tirada de ¹².

¹²<http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Matéria escura

- **Matéria escura** é uma forma postulada de matéria que não interage com a matéria comum, nem consigo mesma (ou interage muito pouco com ela mesma).
- Ela só interage gravitacionalmente e, por isso, sua presença pode ser inferida a partir de efeitos gravitacionais sobre a matéria visível, como estrelas, galáxias e aglomerado de galáxias.
- Os astrônomos observaram que a matéria escura não se agrupa muito em pequenas galáxias, mas sua densidade aumenta acentuadamente em sistemas maiores, como aglomerados de galáxias, porque ela pode se dispersar apenas quando atingem a energia correta.

Conclusões

- As galáxias são objetos relativamente bem caracterizados que conseguimos ver no céu desde os tempos antigos e podemos caracterizá-los usando o modelo Hubble.
- Além das galáxias, existem estruturas ainda maiores, como aglomerados, superaglomerados e filamentos de galáxias, que definem a estrutura em larga escala do universo.
- A matéria escura é um componente dominante em muitas estruturas do universo, como galáxias e aglomerados, e sua natureza ainda é desconhecida.