

# A Via Láctea e o Universo Local

Curso de Iniciação à Astronomia e Observações Astronómicas

Laurindo Sobrinho

Grupo de Astronomia da Universidade da Madeira

astro@uma.pt

## Resumo

Pretende-se dar uma ideia da estrutura interna da Nossa Galáxia e fazer o enquadramento desta no universo local. Para isso tomamos como base a escala do Sistema Solar e vamos alargando o nosso horizonte até chegarmos à escala galáctica. É dada alguma atenção ao estudo do centro da Nossa Galáxia onde se presume existir um buraco negro supermassivo. Para terminar introduzimos o Grupo Local de galáxias e situamos este no contexto do Universo à larga escala.

## 1- A estrutura da Nossa Galáxia

A luz do Sol demora cerca de 8 minutos a percorrer os 149 milhões de km que nos separam da nossa estrela. Dizemos que o Sol está a *8 minutos luz* da Terra. A distância de Plutão ao Sol é de aproximadamente 6000 milhões de km o que equivale a *5.5 horas luz*. As sondas Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1 e Voyager 2 lançadas na década de 70 do século XX, já passaram há muito a barreira das 5.5 horas luz. Em particular a sonda Voyager 1 está já a *17 horas luz* do Sol na sua viagem em direção às estrelas. Nenhuma outra sonda se distanciou tanto da Terra como estas quatro.

A **Nuvem de Oort** é uma região esférica composta pelos restos da nebulosa que deu origem ao Sistema Solar (Fig 1). É desta região que são originários os cometas. A distância média da Nuvem de Oort ao Sol está estimada em *0.5 anos-luz*.

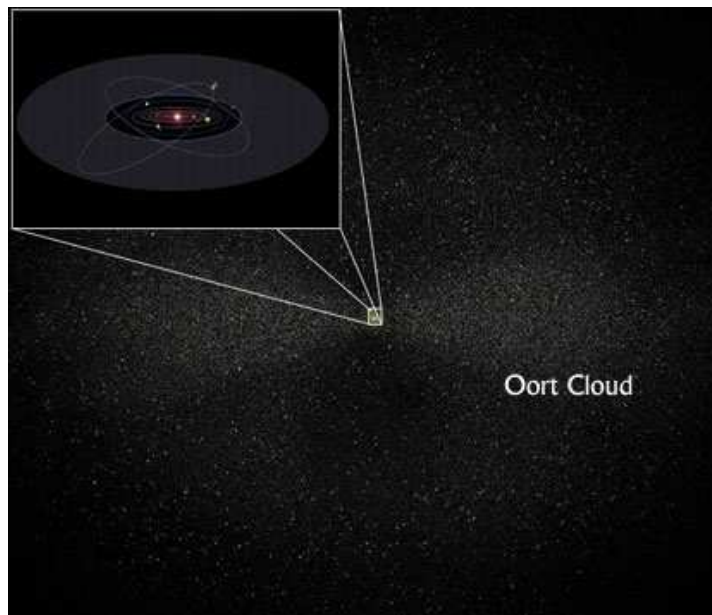


Figura 1 -A nuvem de Oort nos confins do Sistema Solar. Todo o sistema planetário está dentro do pequeno quadrado indicado no centro da imagem.

([http://heasarc.nasa.gov/docs/cosmic/solar\\_system\\_info.html](http://heasarc.nasa.gov/docs/cosmic/solar_system_info.html)).

Ao abandonar a nuvem de Oort saímos finalmente do Sistema Solar e entramos no espaço interestelar. O sistema estelar mais próximo do Sol é *Alfa-Centauri* a **4.4 anos-luz**. Siríus, a **8.6 anos-luz** é a estrela mais luminosa no céu noturno. Existem cerca de 40 estrelas num raio de 12 anos-luz à volta do Sol e cerca de 250 000 estrelas se aumentarmos o raio para 250 anos-luz. Num raio de 5000 anos-luz o número de estrelas ascende já aos 600 milhões e começamos a discernir alguma estrutura: começam a aparecer os “braços” da Nossa Galáxia (Fig. 2).

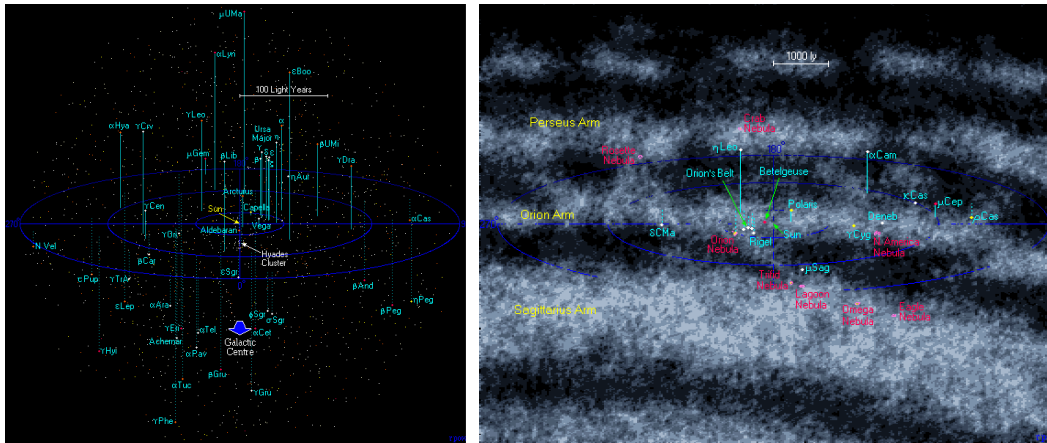


Figura 2 - Na imagem da esquerda vemos a vizinhança do Sol num raio de 250 anos-luz e na imagem da direita num raio de 5000 anos-luz. No primeiro caso as estrelas apresentam-se completamente dispersas. Para a escala apresentada no segundo caso já conseguimos discernir alguma estrutura (<http://www.atlasoftheuniverse.com>).

Se aumentarmos o nosso raio de observação, em torno do Sol, para 50 000 anos-luz então temos já uma visão global da nossa galáxia com os seus **200 000 000 000** de estrelas (200 mil milhões de estrelas). A nossa galáxia é uma galáxia espiral. As suas estrelas estão dispersas por um disco onde se agrupam formando braços. O diâmetro do disco ronda os **120 000 anos-luz**. O Sol está nas proximidades do braço de Orion a cerca de **25 000 anos-luz** do centro. Estes braços espirais partem da região central em forma de barra: daí dizermos que a nossa galáxia é do tipo espiral barrada (Fig 3).

Em torno deste disco galáctico fica uma região esférica designada de Halo. Sobre o disco, para além das estrelas aglomeram-se grandes concentrações de gás e poeiras: as chamadas nebulosas. A partir destas nebulosas podem formar-se novas estrelas. Assim grande parte das estrelas existentes sobre o disco são jovens (predominantemente azuis) e muitas vezes encontram-se aglomeradas em enxames abertos (Fig. 4).

No Halo encontram-se os chamados enxames fechados (Fig. 4), os quais descrevem órbitas em torno do centro galáctico cruzando ocasionalmente o disco. Estes enxames são compostos por milhões de estrelas em geral bastante velhas (predominantemente vermelhas).

Em anos recentes descobriu-se que a maior parte da matéria existente no Universo não emite luz. Esta matéria designou-se então por **matéria escura** e constitui um dos pontos quentes actuais a nível da investigação. No caso da nossa galáxia constatou-se que a matéria escura encontra-se dispersa pelo halo dando a este uma dimensão muito superior à suposta inicialmente.

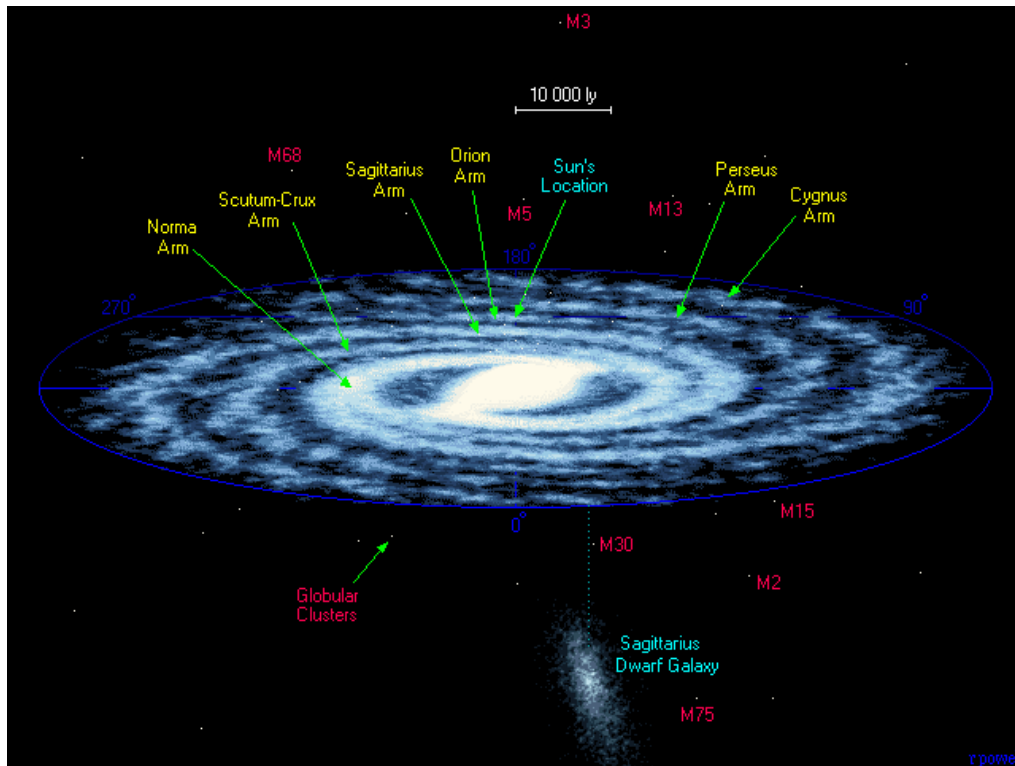


Figura 3 - A Nossa Galáxia. No esquema vemos a localização do Sol junto ao braço de Orion. Podemos ver também a estrutura em forma de barra (no centro) de onde saem os diferentes braços espirais. Em volta do disco os pequenos pontos legendados a vermelho representam os enxames fechados. Está também representada na imagem a Galáxia Anã do Sagitário. (<http://www.atlasoftheuniverse.com/galaxy.html>).



Figura 4 – Exemplo de um enxame aberto (M45) e de um enxame fechado (M13). Os enxames abertos são constituídos por estrelas jovens (azuis) aleatoriamente dispersas e raramente excedendo em número a ordem das centenas. Os enxames fechados são constituídos por estrelas velhas (vermelhas) cujo número ascende a ordem dos milhões. A sua forma é esférica com uma grande concentração de estrelas na zona central.

## 2 - O centro da nossa Galáxia

O centro da galáxia fica na direcção da constelação do Sagitário. Seria uma zona extremamente luminosa do céu, não fossem as inúmeras nebulosas existentes sobre o disco galáctico que absorverem a luz visível proveniente do centro. O mesmo não acontece quando observamos a mesma região noutros comprimentos de onda. Por

exemplo, no infravermelho podemos identificar claramente a região central em particular a partir da radiação proveniente de estrelas anãs vermelhas (classe espectral K). Observando na banda das ondas de rádio e nos raios X podemos também sondar sob diferentes perspectivas o centro galáctico (Fig 5).

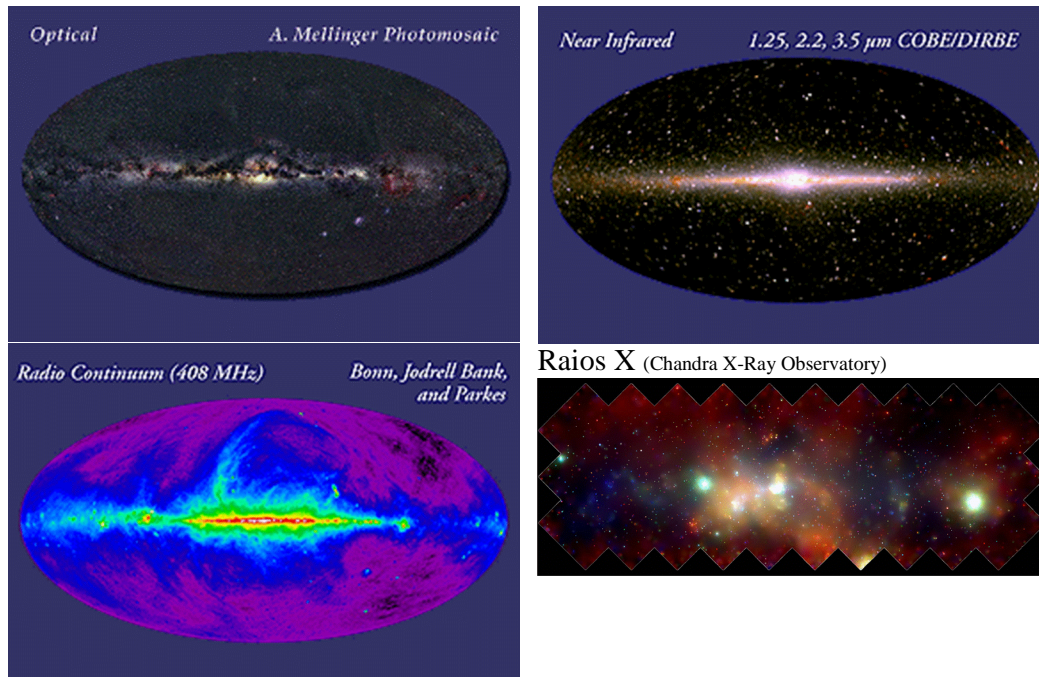


Figura 5 - Imagens da Via Láctea obtidas em diferentes comprimentos de onda: Visível, Infravermelho, Rádio e Raios X.

A parte central da Galáxia tem uma forma mais ou menos esférica e um raio de cerca 3250 anos-luz. A parte mais interior com cerca de 325 anos-luz de raio chama-se núcleo. A densidade estelar do núcleo é cerca de um milhão de vezes superior àquela que se verifica na vizinhança do Sol.

Na Fig. 6 temos uma imagem rádio (comprimento de onda de 1m) obtida pelo VLA (Very Large Array). O quadrado (cujos lados correspondem a 250 anos luz) indica a região central onde se situa o complexo **Sgr A** - uma forte fonte de rádio situada muito perto do centro da galáxia. Neste comprimento de onda não se podem observar as inúmeras estrelas existentes na região.

Atualmente é um dado adquirido que no centro da nossa galáxia reside um buraco negro com cerca de 4 milhões de vezes a massa do Sol. Uma das formas de concluir que estamos na presença de um buraco negro é analisando a relação massa/luminosidade (M/L) em direção ao centro. Se o valor de M/L aumentar atingindo valores superiores aos permitidos para um enxame de estrelas velhas (M/L>10) então existe no centro da galáxia um objeto escuro massivo. Este objeto pode ser um enxame de estrelas pouco luminosas (anãs vermelhas e castanhas), um enxame de anãs brancas, um enxame de estrelas de neutrões ou buracos negros de massa estelar, matéria escura ou um **Buraco Negro Supermassivo**.

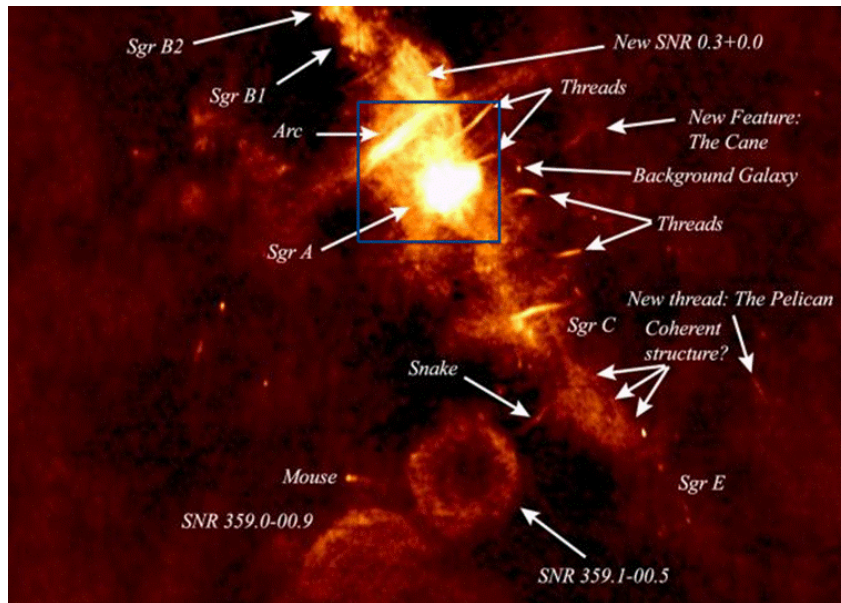


Figura 6 – Imagem rádio da região central da Nossa Galáxia. O centro da galáxia fica dentro do quadrado azul onde se situa também uma forte fonte de rádio designada por Sagitário A. (VLA)

Para confirmar esta última hipótese é preciso medir as velocidades orbitais de estrelas muito próximas do centro ou a velocidade do gás circundante (o que não é fácil pois, embora estejamos a falar de um objeto de grandes dimensões, não devemos esquecer que este está a 25 000 anos-luz de distância). Na Fig 7 está retratado o movimento de algumas estrelas em torno de Sgr A. A estrela SO-1 tem um período orbital 63 anos e SO-2 de 17 anos (o Sol demora cerca de 250 milhões de anos a contornar o centro da galáxia). Sabendo as velocidades e trajetórias de algumas destas estrelas podemos determinar o valor da massa central e a dimensão desse objecto. Temos cerca de 4 milhões de massas solares num raio da ordem de uma dezena de raios solares. A **solução mais simples** é admitir que estamos perante um **buraco negro supermassivo!**

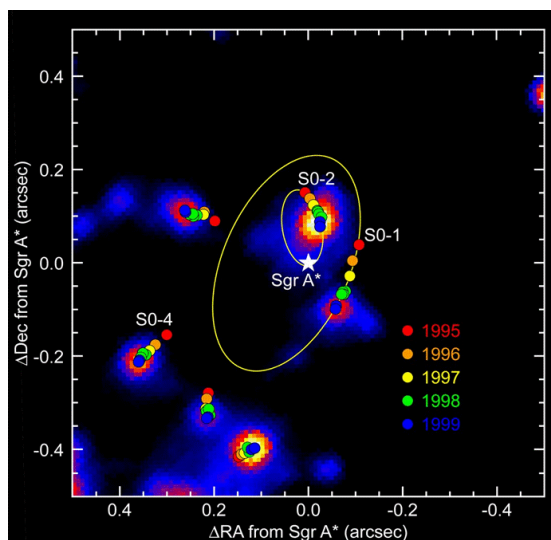


Figura 7 – Dinâmica estelar no centro da Nossa Galáxia.

### 3 - A descoberta de outras galáxias

A descoberta da estrutura espiral da nossa galáxia pode considerar-se como um dos maiores feitos da nossa civilização. Repare-se que estamos mergulhados na galáxia e que não nos podemos afastar 50 000 anos-luz para termos uma imagem global. No entanto, a partir do estudo da distribuição e do movimento dos enxames fechados foi possível identificar a localização do centro da galáxia. Este fica na direção da constelação de Sagitário a cerca de 25 000 anos-luz do Sol. A partir desta informação ficamos também com uma ideia da dimensão do disco da galáxia. Por outro lado utilizando radiotelescópios foi possível fazer um mapa da distribuição das nuvens de gás (essencialmente compostas por hidrogénio) e assim identificar a estrutura dos braços espirais da galáxia.

Nos primeiros anos do século XX a estrutura da galáxia era já relativamente bem conhecida e aceite. Havia, no entanto, um aceso debate sobre se a Nossa Galáxia seria única ou se existiriam mais galáxias no Universo. Na altura observavam-se diversos tipos de nebulosas no céu incluindo nebulosas em forma espiral (lembrando a estrutura da Nossa Galáxia) mas cujas distâncias não tínhamos meio de determinar. Assim, uns defendiam que se tratavam de facto de galáxias distantes, tão grandes ou maiores do que a nossa, enquanto que outros defendiam que eram simples nebulosas, como as demais, que por ação da dinâmica do gás adquiriam formas semelhantes à da nossa galáxia mas tinham dimensão muito inferior.

Com o desenvolvimento da tecnologia foi possível obter imagens com maior resolução dessas nebulosas espirais identificando estrelas individuais nalgumas delas. Identificadas algumas estrelas padrão (como as Cefeides) que utilizamos para medir distâncias dentro da Nossa Galáxia foi, finalmente, possível obter uma estimativa da distância de tais objetos. Em particular no caso da nebulosa de Andrómeda constatou-se que a sua distância ascendia aos milhões de anos-luz e que, portanto, era um objeto externo à Nossa Galáxia.

### 4 - O Grupo Local de galáxias

Actualmente sabemos que a Nossa Galáxia não é a única que existe no Universo. A nossa galáxia faz parte do chamado **Grupo Local de galáxias** do qual já se conhecem mais de 100 galáxias. Outras duas grandes galáxias que fazem parte do Grupo Local são a galáxia de Andromeda **M31** (a 2.5 milhões de anos luz e com cerca de 140 000 anos luz de diâmetro) e **M33** (a 2.8 milhões de anos luz e com cerca de 56 000 anos luz de diâmetro) - ver Fig. 8.

As 10 galáxias mais próximas da Via Láctea estão, no entanto, muito mais próximas do que M31 ou M33. São pequenas galáxias anãs e irregulares satélites da nossa galáxia. A mais próxima de nós é **Canis Major Dwarf**. Fica mais próxima de nós do que o próprio centro da Via Láctea. Trata-se de uma galáxia em rota de colisão com a nossa. Outra galáxia em colisão com a nossa é **Sag dSph** a 65 200 anos-luz da Terra (Fig. 3). De entre o grupo de galáxias vizinhas as mais populares são certamente a **Grande Nuvem de Magalhães (LMC)** e a **Pequena Nuvem de Magalhães (SMC)** ambas visíveis a olho nu a partir do Hemisfério Sul. Na Tabela 1 seguinte indicam-se algumas das galáxias (não todas) mais próximas da Via Láctea.

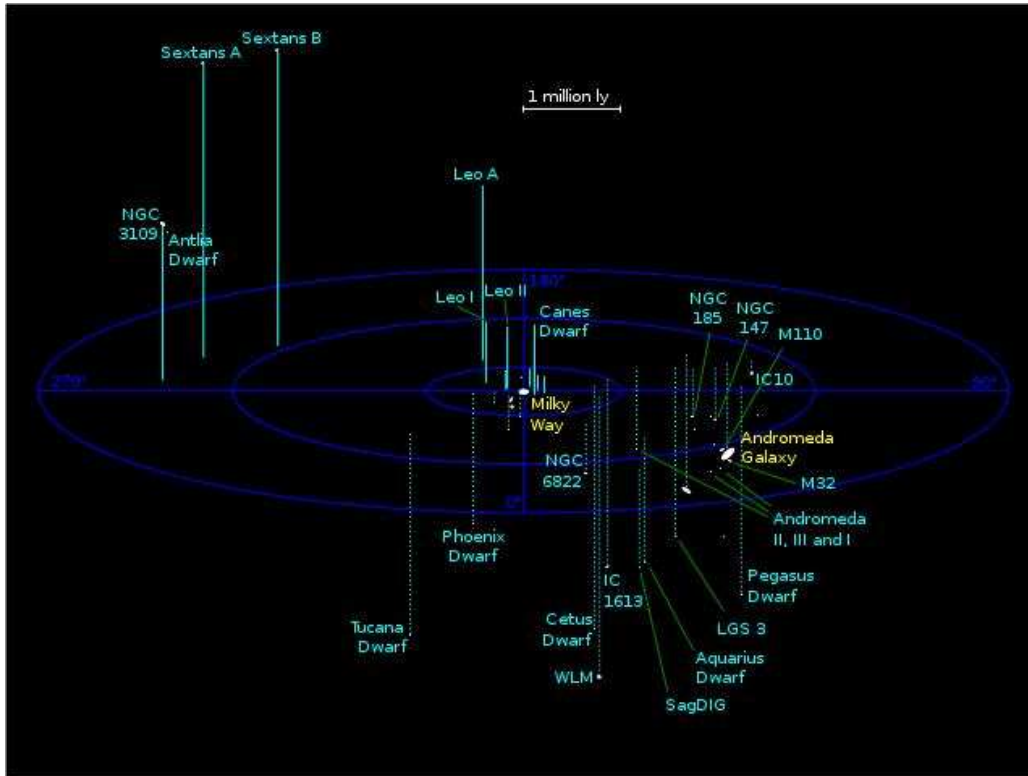


Figura 8 - Esquema do grupo local de galáxias. Claramente as duas galáxias dominantes são a nossa e a galáxia de Andrómeda (M31).



Figura 9 - A galáxia de Andrómeda (M33) juntamente com uma das suas galáxias satélite M110 (em baixo). (<http://messier.seds.org/m/m031.html>)

A galáxia de Andromeda é, em termos estruturais, muito semelhante à nossa galáxia (ligeiramente maior) - Fig. 9. Trata-se do objecto mais distante que conseguimos ver a olho nu e um bom alvo para a observação com pequenos telescópios. Quando olhamos para M31 e vemos aquela pequena mancha esbranquiçada temos de ter presente que estamos a olhar para um conjunto de 200 000 000 000 de estrelas tal

como o é a nossa galáxia e que outros olhos podem estar do outro lado a fazer exactamente o mesmo: isto é, a olhar para uma pequena mancha que não é a galáxia deles porque é a nossa.

**Tabela 1 – Algumas das galáxias mais próximas da Via Láctea**

Nome	Distância (anos-luz)	Diâmetro angular (em arcos de minuto)	Diâmetro linear (anos-luz)	magnitude aparente
<b>Canis Major Dwarf</b>	25 000	720	5236	?
<b>Sag dSph</b>	65 200	450	8584	4.5
<b>LMC</b>	163 000	646	30 996	0.9
<b>Bootes dwarf</b>	195 600	26	1479	13.1
<b>SMC</b>	195 600	319	18 200	2.8
<b>Ursa Min</b>	195 600	30.2	1718	11.9
<b>Draco</b>	260 800	35.5	2693	10.9
<b>Sex dSph</b>	293 400	30	2560	12.0
<b>Sculptor</b>	293 400	35.2	3004	10.1
<b>Ursa Major I Dwarf</b>	326 000	?	?	13.2
<b>Carina</b>	326 000	24.3	2304	11.3
<b>Fornax</b>	456 400	30	3983	9.3
<b>Leo II (DDO 93)</b>	684 600	12	2390	12.5
<b>Leo I (DDO 74)</b>	815 000	9.8	2323	11.2
<b>Phoenix (P6830)</b>	1 434 400	4.7	1960	13.1
<b>NGC 6822 (Galáxia de Barnard)</b>	1 630 000	15.5	7349	9.3
<b>Leo A (DDO 69)</b>	2 249 400	5.1	3337	12.9
<b>M31 (Andromeda)</b>	2 500 000	189	137 000	4.2
<b>M33 (Triângulo)</b>	2 700 000	69	54 200	6.2
<b>Tucana (P69519)</b>	2 868 800	2.9	2420	15.7
<b>Sag DIG (E594-4)</b>	3 390 400	2.9	2860	14.1
<b>Sex A (DDO 75)</b>	4 303 200	5.9	7385	11.9
<b>Sex B (DDO 70)</b>	4 433 600	5.1	6577	11.9

Num raio de 100 milhões de anos-luz encontramos cerca de 50 000 galáxias. Estas agrupam-se em enxames que por sua vez se juntam para formar superenxames de galáxias. O Grupo Local de galáxias faz parte do Superenxame da Virgem. Perto do centro deste superenxame, composto por mais de 2000 galáxias, fica a Galáxia da Virgem (M87). Esta galáxia de forma elíptica e com uma massa cerca de 200 vezes superior à da Nossa Galáxia dista de nós perto de 54 milhões de anos-luz (Fig. 10).



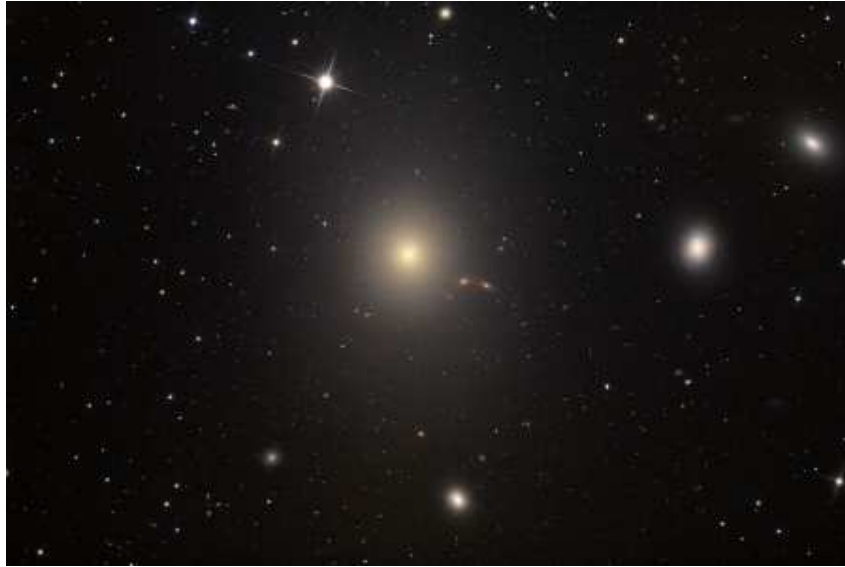


Figura 10 - A galáxia M87 (ao centro) juntamente com outras galáxias do enxame da Virgem. Na imagem vemos também algumas estrelas da Via Láctea que se encontram na mesma linha de visão (mas muito mais perto). Credit & Copyright: Adam Block, Mt. Lemmon SkyCenter, U. Arizona.

Saltando para um raio de 1000 milhões de anos-luz encontramos cerca de 60 milhões de galáxias agrupadas em mais de 100 superenxames. Os superenxames agrupam-se de forma a formarem filamentos deixando no meio espaços vazios designados por voids (Fig. 11).

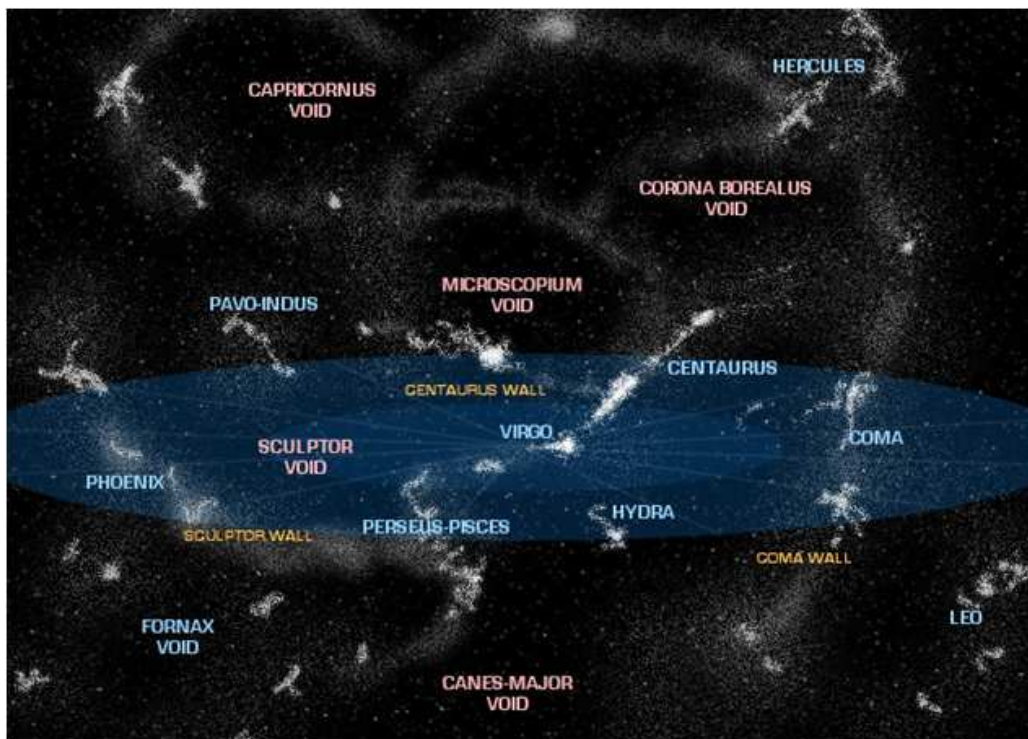


Figura 11 - Esquema mostrando a estrutura do Universo em larga escala. Todos os pontos luminosos representam galáxias agrupadas em enxames e superenxames. Este por sua vez tendem a formar filamentos deixando regiões vazias (voids) no seu interior. (<http://www.atlasoftheuniverse.com/superc.html>)

O Universo Observável estende-se por cerca de 50 000 000 000 de anos-luz estimando-se que o seu número total de galáxias seja da ordem de 100 000 000 000 ( $10^{11}$  galáxias).

### Anexo 1 - Acerca do nome da Nossa Galáxia

Por vezes existe uma certa confusão relativamente ao nome que devemos dar à Nossa Galáxia. Sem dúvida que podemos chamá-la de *Nossa Galáxia* ou simplesmente de *Galáxia* (com G grande para a distinguir das outras que não são "nossas"). Por vezes também vemos a designação de **Galáxia da Via Láctea** ou simplesmente **Via Láctea**. Todas as designações são comuns e aceitáveis. No entanto a designação Via Láctea é também muitas vezes empregue à tira nebulosa que vemos a rasgar o céu de norte a sul no Verão (Fig 12).



Figura 12 - Via Láctea.

Esta tira nebulosa que os antigos chamaram de Via Láctea, dado o seu aspecto (que fazia lembrar leite), consiste no disco galáctico. Dado termos muitas estrelas sobrepostas e a grandes distâncias em vez de vermos pontos individuais vemos uma espécie de nebulosa. As zonas escuras consistem em nuvens de gás que absorvem a luz proveniente de zonas mais distantes.

Portanto, quando utilizamos a designação Via Láctea tem de ficar claro se estamos a falar da Galáxia como um todo ou se estamos apenas a falar desta tira nebulosa.

### **Bibliografia principal:**

- Freedman R. A. & Kaufmann III, W. J., 2005, *Universe*, seventh edition, W. H. Freeman and Company, New York.
- Kutner, M. L., 2003, *Astronomy: A Physical Perspective*, 2nd edition, Cambridge University Press, United Kingdom.

### **Bibliografia relativa à construção da Tabela 1:**

- Igor D. Karachentsev et al., 2004, *A Catalog of Neighboring Galaxies*, The Astronomical Journal, 127, 2031.
- N. F. Martin et al., 2004, *A dwarf galaxy remnant in Canis Major: the fossil of an in-plane accretion onto the Milky Way*, MNRAS, 348, 12.
- Belokurov, V., 2006, *A Faint New Milky Way Satellite in Bootes*, The Astrophysical Journal, 647, L111.
- Beth W. et al., 2006, *A New Milky Way Dwarf Galaxy in Ursa Major*, The Astrophysical Journal, 626, L85.

**Nota:** este texto foi especialmente preparado para ser utilizado como material de apoio ao módulo 8 do “Curso de Iniciação à Astronomia e Observações Astronómicas” o qual teve lugar entre 14 de abril e 05 de maio do ano de 2012, numa iniciativa conjunta da Associação de Astrónomos Amadores da Madeira (AAAM) e do Grupo de Astronomia da Universidade da Madeira (GAUMa).  
[<http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/Divulgacao/Cursos/AAAM2012/curso2012.htm>]

> Grupo de Astronomia da Universidade da Madeira 2012.