

Aula 21: Via Láctea

Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Kepler de Souza Oliveira Filho & Alexei Machado Müller



Fotografia com lente "olho-de-peixe" mostrando a Via Láctea. O centro da Galáxia é a região mais brilhante, no canto inferior da imagem, que fica na direção da constelação de Sagitário.

Introdução

Prezados alunos

Iniciamos aqui a terceira área da disciplina, em que vamos estudar as galáxias – consideradas os tijolos de que é feito o universo. Começamos pelo estudo da galáxia em que vivemos - a Via Láctea, ou a Galáxia.

Bom estudo!

Galáxia e galáxia:

O termo Galáxia, escrito como nome próprio, é usado como sinônimo de Via Láctea. Escrito com letra minúscula, se refere a galáxias em geral.



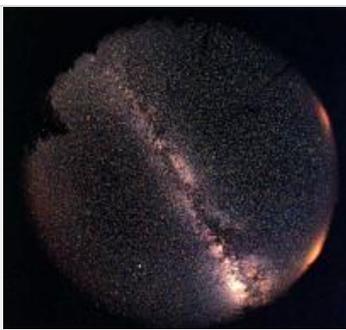
Objetivos:

- Descrever, em linhas gerais, a estrutura da Via Láctea e a posição do Sol dentro dela;
- Explicar a importância das estrelas variáveis na determinação das distâncias dentro da Galáxia;
- Explicar as diferentes populações estelares presentes na Via Láctea e a sua distribuição dentro da Galáxia;
- Calcular a massa da Galáxia contida dentro da órbita solar a partir do movimento do Sol;
- Discutir as evidências para a existência de braços espirais na Galáxia;
- Explicar o que é e como é a curva de rotação da Galáxia e por que ela indica a existência de matéria escura na Galáxia;

Qual é a forma da Via Láctea e qual a nossa posição nela?



Figura 21.01: Imagem obtida por ©Roger Smith, do [Cerro Tololo Interamerican Observatory](#), mostrando a cúpula do telescópio Blanco contra a imagem da Via Láctea, à direita, e das duas Nuvens de Magalhães, à esquerda.



Em noites límpidas e sem lua, longe das luzes artificiais das áreas urbanas, pode-se ver claramente no céu uma faixa nebulosa atravessando o hemisfério celeste de um horizonte a outro. Os povos antigos a chamaram *Via Láctea*, pois sua aparência lembrava a eles um caminho feito de leite. Em 1609, **Galileo Galilei**, ao apontar seu telescópio para ela, descobriu que a nebulosidade esbranquiçada da Via Láctea se deve à luz conjunta de uma miríade de estrelas que não são distinguíveis a olho nu.

No final do século XVIII, o astrônomo alemão **William Herschel**, que já era famoso por ter descoberto o planeta Urano, mapeou a Via Láctea, usando seu telescópio de 1,2 m de diâmetro. Pressupondo que todas as estrelas tinham a mesma luminosidade, de forma que as suas diferenças de brilho refletiam suas diferentes distâncias, Herschel contou o número de estrelas que conseguia observar em diferentes direções e concluiu que a Galáxia era um sistema achatado, sendo aproximadamente 5 vezes maior na direção do plano galáctico do que na direção perpendicular a ele. Como ele aparentemente enxergava o mesmo número de estrelas em qualquer linha de visada ao longo do plano, concluiu que o Sol deveria estar aproximadamente no centro da Galáxia. Hoje sabemos que essa conclusão estava equivocada.

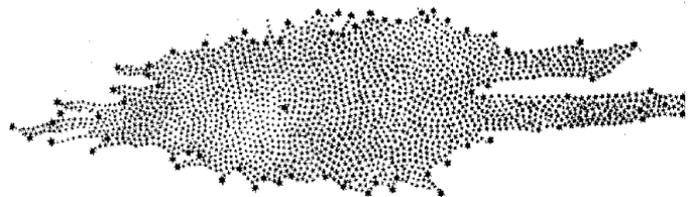


Figura 21.02: Desenho esquemático da Via Láctea feita por William Herschel,

Herschel não tinha como saber as distâncias das estrelas e, assim, determinar o tamanho da Via Láctea, pois a primeira medida da paralaxe de uma estrela foi feita só no século seguinte (1838). A primeira estimativa do tamanho da Via Láctea foi feita no início do século XX, pelo astrônomo holandês **Jacobus Kapteyn**. Kapteyn fez contagem das estrelas registradas em placas fotográficas e determinou as distâncias das estrelas próximas medindo suas paralaxes e movimentos próprios. Concluiu que a Via Láctea tinha a forma de um disco com 20 000 parsecs de diâmetro com o Sol no centro. Logo após a publicação do modelo de Kapteyn, **Harlow Shapley** publicou um modelo diferente, baseado na distribuição de sistemas esféricos de estrelas chamados aglomerados globulares. Shapley descobriu que os aglomerados (150 deles), mostravam uma concentração maior em uma direção do céu e supôs que o centro dessa concentração devia coincidir com o centro de nossa Galáxia. Deduziu assim que estamos a 30 mil anos-luz do centro da Galáxia.

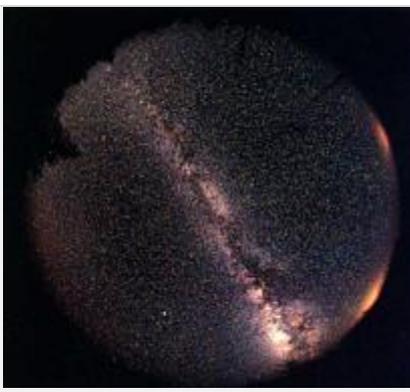
Shapley não levou em conta a extinção interestelar, o que o fez encontrar um valor exagerado para o tamanho da Galáxia. Hoje sabemos que o disco da nossa galáxia tem uma extensão de aproximadamente 25 kpc, e o Sol se encontra a aproximadamente 8,3 kpc do centro, como está representado na figura 21.03.

Extensão da Galáxia:

Aproximadamente 25 kpc
(diâmetro do disco).

Posição do Sol:

No disco a 8,3 kpc do
centro da Galáxia.



Estrelas variáveis pulsantes:

Estrelas cuja luminosidade varia com o tempo devido a variações de seu tamanho. Apresentam uma relação entre suas luminosidades e seus respectivos períodos de pulsação que permite que sejam utilizadas como indicadores de distâncias.

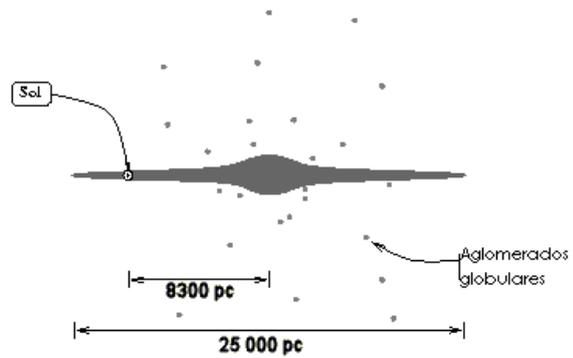


Figura 21.03: Representação esquemática da Via Láctea, vista de perfil, com a posição do Sol dentro dela.

Distâncias dentro da Galáxia

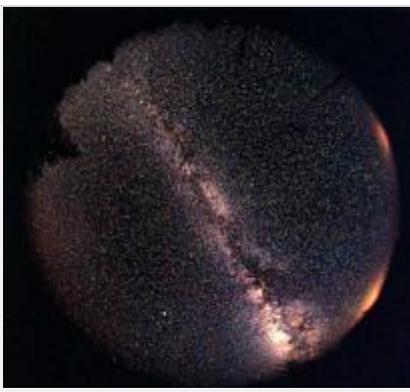
Nas aulas anteriores vimos como as distâncias das estrelas podem ser determinadas por [paralaxe heliocêntrica](#), que utiliza o método de triangulação, ou por [paralaxe espectroscópica](#), que utiliza as propriedades espectrais das estrelas para determinar sua magnitude absoluta pela sua posição no diagrama HR. Através da paralaxe espectroscópica, podemos medir distâncias de estrelas até aproximadamente 10.000 pc, alcance maior do que o obtido através da paralaxe heliocêntrica (1.000 pc), mas ainda insuficiente para cobrir o tamanho de nossa Galáxia, que tem 25.000 pc de diâmetro. É necessário, portanto, incluir um novo método de determinação de distâncias, que tenha um alcance maior. As estrelas variáveis importantes - estrelas cujas luminosidades variam com o tempo - cumprem o papel de indicadores de distância nesta escala.

A relação Período-Luminosidade de estrelas variáveis pulsantes

As estrelas variáveis pulsantes são estrelas cuja luminosidade varia com o tempo devido a variações no seu tamanho. Elas podem ser reconhecidas facilmente, observando a sua variação em luminosidade, que se dá de maneira muito regular.

Dois tipos de variáveis pulsantes são importantes como indicadores de distância na Galáxia: as variáveis Cefeidas e as variáveis RR Lyrae. Esses dois tipos de estrelas ocupam uma região do diagrama HR chamada faixa de instabilidade, onde as estrelas estão começando a queimar He no núcleo.

A pulsação acontece devido ao desequilíbrio da estrela: sem equilíbrio, a temperatura do interior aumenta rapidamente, ionizando o hidrogênio, aumentando o número de partículas e, portanto, aumentando a pressão e forçando as camadas externas para fora; o aumento do raio diminui a temperatura, recombinando o hidrogênio e reduzindo o número de partículas; com isso a pressão diminui e a estrela se contrai, aumentando a temperatura e recomeçando o ciclo.



RR Lyrae e Cefeidas:

Estrelas variáveis pulsantes que são utilizadas como indicadores de distância.

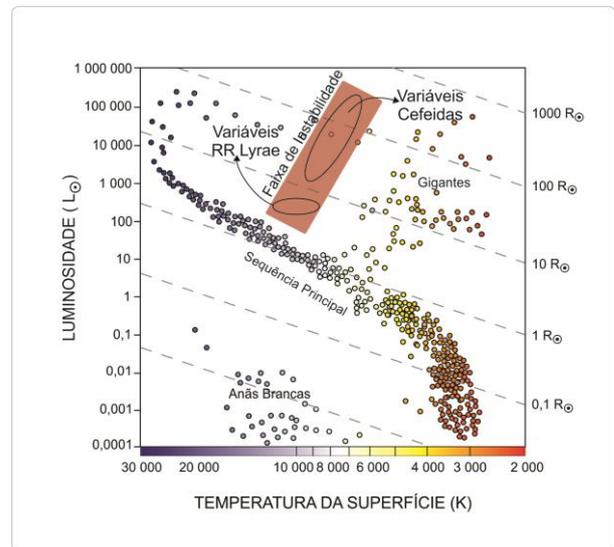


Figura 21.04: Diagrama HR mostrando a região chamada "faixa de instabilidade", onde se localizam as variáveis Cefeidas e RRLyrae.

RR Lyrae: são estrelas evoluídas com massas entre 0,5 e 0,7 M_{Sol} , muito comuns em aglomerados globulares. Têm tipo espectral entre B8 e F2 e magnitude absoluta em torno de $M_v = 0,6 \pm 0,3$. Seus períodos de pulsação são pequenos, entre 0,5 e 1 dia, com variações em magnitude menores do que uma magnitude. O fato de terem luminosidade conhecida permite que sejam usadas como indicadores de distância para aglomerados globulares, usando-se o módulo de distância: $m - M = -5 + 5 \log d$.

Cefeidas: são supergigantes com massas entre 3 e 18 M_{Sol} e tipo espectral entre F e K. Também pulsam de forma regular, mas podem apresentar períodos de pulsação entre 1 e 100 dias, com amplitudes de pulsação entre 0,3 e 3,5 magnitudes.

As Cefeidas diferem mais em luminosidade do que as RR Lyrae, podendo ter magnitudes absolutas entre -2 e -6, mas apresentam uma relação muito estreita entre o período de pulsação e a luminosidade, o que permite conhecer sua luminosidade, uma vez conhecido seu período de pulsação. As Cefeidas mais brilhantes têm períodos maiores, por terem raios maiores.



Figura 21.05: Gráfico da variação de brilho (magnitude) com o tempo da estrela Delta Cephei, o protótipo da classe das Cefeidas. O período é de 5,366 dias.

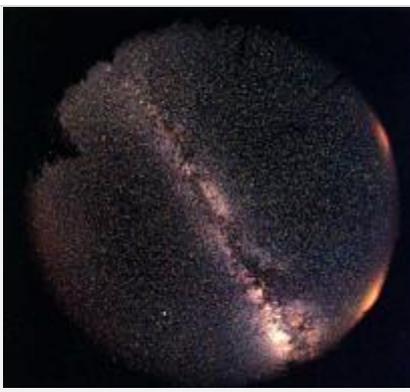


Figura 21.06: John Goodricke, que descobriu a variabilidade de Delta Cephei em 1784, e Henrietta Swan Leavitt, que determinou a relação período-luminosidade das Cefeidas em 1912.

As observações indicam que a relação entre a magnitude bolométrica absoluta M_{bol} e o período P , em dias, é:

$$M_{bol}^{Cefeidas} = -3,125 \log P - 1,525.$$

As **variáveis Cefeidas** são usadas para determinar distâncias de estrelas longínquas da nossa galáxia, e distâncias de outras galáxias.

Tabela 21.01: Métodos para estimar distâncias astronômicas:

Distância de alcance	Método
1 UA	radar
1.000 pc	paralaxe heliocêntrica
10.000 pc	paralaxe espectroscópica
4 Mpc	estrelas variáveis

Morfologia

A forma da Via Láctea foi determinada através de observações em comprimentos de onda longos, como rádio e infravermelho, que podem penetrar a poeira presente no plano da galáxia. Com base nessas observações, os astrônomos chegaram à conclusão de que nossa Galáxia tem a forma de um **disco** circular, com diâmetro de cerca de 25.000 pc (100.000 anos-luz) e espessura de 300 pc aproximadamente. O disco está imerso em um **halo** esférico formado pelos aglomerados globulares e, provavelmente, grande quantidade de matéria não luminosa. Observações desses aglomerados indicam que o halo está centrado no **núcleo** da Galáxia e, se estende por no mínimo 100.000 pc, bem além dos limites do disco galáctico. O **bojo** que contém o núcleo, é uma região esférica de 2.000 pc de raio, envolvendo o núcleo.

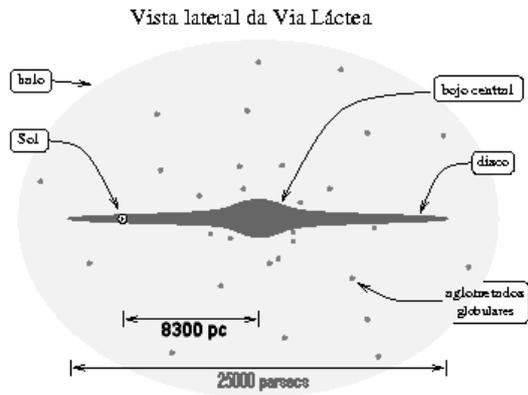
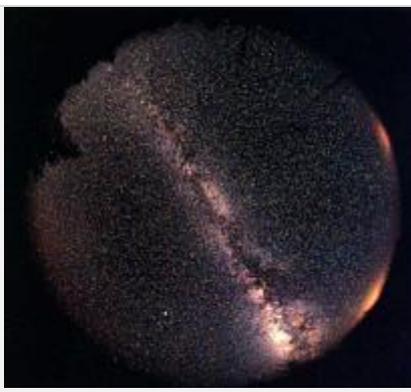


Figura 21.07: Representação esquemática da Via Láctea vista de perfil.

Da posição do Sol, onde estamos, a Galáxia é vista de perfil, daí a forma de faixa.



Figura 21.08: Imagem panorâmica em 360° da Via Láctea, cobrindo os dois hemisférios celestes. Fonte: [ESO](#)

Rotação diferencial:

A Galáxia tem uma rotação diferencial, isto é, as velocidades angulares são diferentes para diferentes distâncias do centro galáctico, sendo tanto menor para as estrelas mais afastadas do centro.

A observação de estrelas nas proximidades do Sol mostra que elas se movem em relação ao Sol, pois apresentam deslocamento Doppler nos seus espectros. Isso evidencia que o disco da Galáxia não gira como um corpo rígido, mas sim tem uma rotação diferencial que lembra a dos planetas: estrelas mais próximas do centro galáctico giram mais rapidamente em torno desse centro do que as mais distantes.

O disco da galáxia contém, além das estrelas, a matéria interestelar, formada por gás e poeira, que constitui o material do qual as estrelas se formam. O gás interestelar é constituído na maior parte por hidrogênio neutro, que não é emitido no óptico. Mas perto de estrelas muito quentes e massivas, o hidrogênio é ionizado pela radiação ultravioleta provinda das estrelas, e brilha por fluorescência. Se existe suficiente hidrogênio ao redor destas estrelas, ele será visível como uma nebulosa gasosa de emissão, brilhante, chamada Região HII. Um exemplo desse tipo de nebulosa é M42, que se localiza na constelação de Órion.

O hidrogênio neutro (HI) emite uma linha espectral de comprimento de onda $\lambda = 21,049$ cm, na região do rádio, correspondente à radiação emitida pelo átomo de hidrogênio quando ele realiza uma transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental. Ela é usada para mapear a distribuição do hidrogênio e teve um papel chave na determinação da estrutura espiral da Galáxia, como vamos ver a seguir.



Composição da Galáxia:

Além de estrelas, há material interestelar, composto por gás e poeira.

O gás interestelar é constituído, em sua maior parte, por hidrogênio neutro (HI).

Nomenclatura:

- HI: nebulosas com hidrogênio neutro.

- HII: nebulosas com hidrogênio ionizado.

Estrutura Espiral

Quando observamos outras galáxias que têm meio interestelar abundante como a nossa, verificamos que, nessas outras galáxias, as nebulosas gasosas geralmente se encontram distribuídas em uma estrutura espiral, como pode ser visto na figura 21.09. Parece então razoável supor que nossa Galáxia também tem uma estrutura espiral, mas fica muito difícil, para nós, visualizá-la, pois estamos dentro do próprio disco galáctico, e cercados de poeira interestelar, que bloqueia a luz.



Figura 21.09: Imagem da galáxia M51 (crédito: NASA/HST). As manchas rosadas ao longo dos braços espirais são regiões HII, as manchas azuladas são aglomerados de estrelas jovens azuis.

Podemos estimar a localização dos braços espirais observando objetos que sejam **mapeadores da estrutura espiral**. Os principais mapeadores ópticos são objetos brilhantes como **estrelas OB**, **regiões HII** e **estrelas cefeidas variáveis**. O principal traçador em rádio é **a linha de 21cm do hidrogênio neutro**. Como o hidrogênio neutro existe em grande abundância na Galáxia, essa linha é observada em todas as direções.

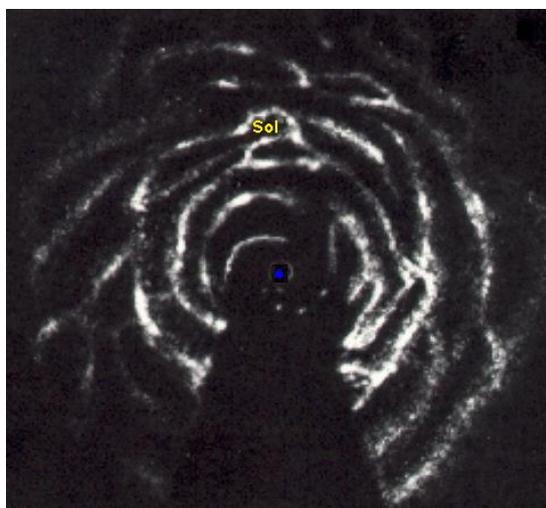
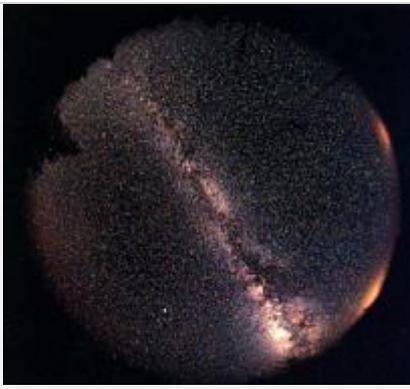


Figura 21.10: Mapa da distribuição de hidrogênio na Galáxia. O centro da Galáxia está indicado por um pequeno círculo azul.



Localizadores dos braços espirais:

- No óptico: estrelas do tipo O e B, regiões HII e variáveis cefeidas.
- Em rádio: a linha 21 cm do hidrogênio neutro.

Com base em observações mais recentes supõe-se que a Via Láctea tem dois braços principais: Perseus e Scutum-Centaurus.

Até 2005 pensava-se, com base nas observações no óptico e no rádio, que a Galáxia teria quatro braços espirais principais, mas observações mais recentes, no infravermelho, sugerem que a nossa galáxia tem dois braços principais – o braço de Scutum-Centaurus e o braço de Perseus – e outros braços menores (ver a figura 21.11). O Sol está na borda interna de um braço pequeno chamado "braço de Órion" (Orion Spur) que contém, entre outros aspectos marcantes, a Nebulosa de Órion.

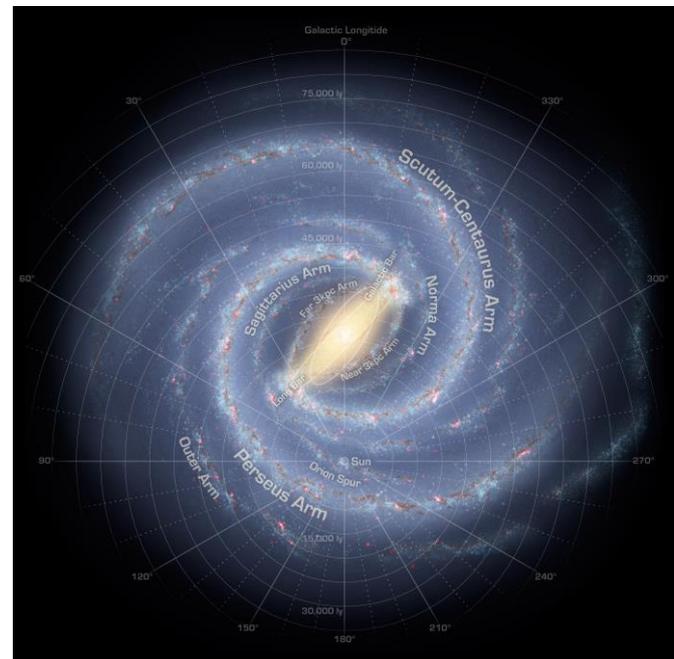
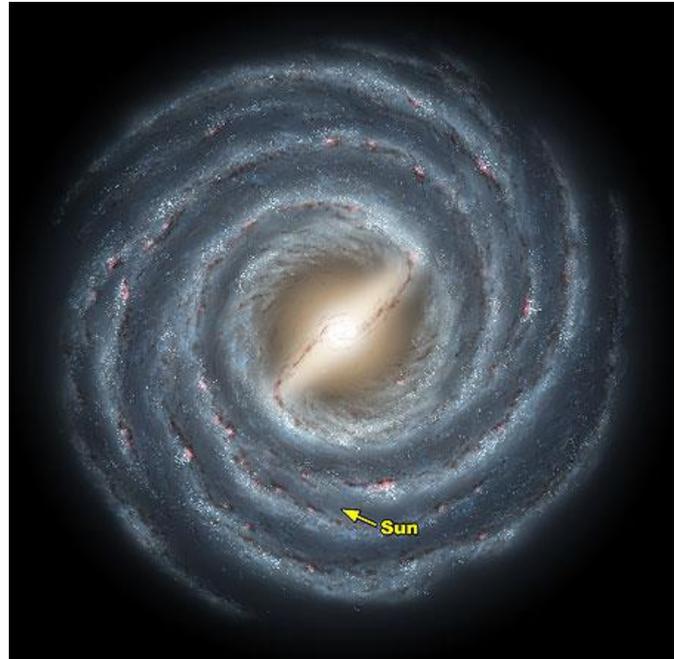


Figura 21.11: Concepção artística de nossa galáxia como apareceria vista "de frente" para um observador externo a ela. A figura superior ilustra a estrutura de quatro braços; a figura inferior ilustra a estrutura espiral mais consistente com as novas observações, em infravermelho, feitas pelo satélite Spitzer (2008), que sugerem que a Via Láctea tem apenas dois braços principais; os outros dois seriam mais finos. (NASA/JPL-Caltech/R.Hurt(SSC), [\(Spitzer Space Telescope\)](#))



A massa da Galáxia

O Sol, as outras estrelas, as nebulosas gasosas, e tudo o que faz parte da galáxia, gira em torno do centro galáctico movido pela atração gravitacional da grande quantidade de estrelas ali concentradas, da mesma forma que os planetas giram em torno do Sol.

As estrelas mais próximas do centro da galáxia se movem mais rapidamente do que o Sol. O astrônomo holandês Jan Oort deduziu que o Sol revolve em torno do centro da nossa galáxia com uma velocidade orbital de 220 km/s, completando uma volta a cada 233 milhões de anos. Esse tempo que o Sol leva para dar uma volta completa em torno do centro galáctico, com duração de 233 milhões de anos é chamado de **ano galáctico**.

Observando o movimento orbital de uma estrela na periferia da galáxia, podemos determinar aproximadamente a massa da Galáxia, M_G , desde que saibamos a distância dessa estrela ao centro galáctico. Tomemos como exemplo o próprio Sol, e vamos assumir que ele está em uma órbita circular em torno do centro galáctico com velocidade v_G .

A força centrípeta do Sol é

$$F_C = \frac{M_\odot v_G^2}{R_G},$$

que é produzida pela atração gravitacional entre o Sol e a massa da Galáxia interna ao Sol, dada por

$$F_G = \frac{GM_\odot M_G}{R_G^2}.$$

Uma vez que a força gravitacional atua como força centrípeta, ou seja:

$$F_G = F_C,$$

temos:

$$\frac{GM_G m}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \rightarrow M_G = \frac{Rv^2}{G}.$$

Os estudos da rotação galáctica mostram que nas proximidades do Sol a velocidade orbital é de $v_G = 220 \text{ km/s}$. Sabemos que a distância do Sol ao centro galáctico é de $8.300 \text{ pc} = 2,5 \times 10^{20} \text{ m}$. A massa da galáxia M_G pode então ser calculada:

$$M_G = \frac{v_G^2 R_G}{G} = \frac{(2,20 \times 10^5 \text{ m/s})^2 (2,5 \times 10^{20} \text{ m})}{6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)},$$

$$M_G = 1,8 \times 10^{41} \text{ kg} \approx 10^{11} M_\odot.$$

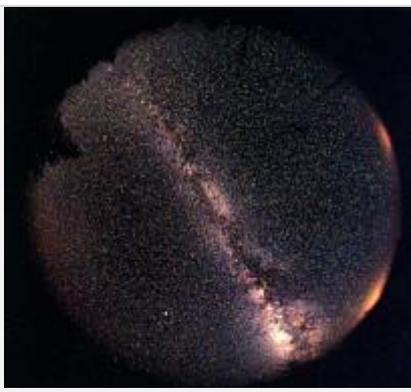
Portanto, considerando o Sol como uma estrela de massa típica, a Via Láctea teria aproximadamente 100 bilhões de estrelas. Este é um limite inferior, pois estamos considerando apenas a massa interna à órbita do Sol.

Ano galáctico:

Tempo que o Sol leva para dar uma volta em torno do centro da Galáxia.
Tem duração de 233 milhões de anos.

Massa da Galáxia:

Seu valor aproximado pode ser obtido a partir do movimento das estrelas de seu interior.
A massa interna à órbita do Sol é aproximadamente 10^{11} massas solares.



A curva de rotação da Galáxia

A massa da Galáxia calculada da maneira acima é apenas a massa contida dentro da órbita do Sol em torno do centro. Para conhecer a massa existente além da órbita do Sol é necessário medir o movimento de estrelas e do gás localizados a distâncias maiores do centro galáctico do que o Sol.

Através de observações em rádio, os astrônomos mediram o movimento do gás no disco, até distâncias além do limite visível da Galáxia, e determinaram, assim, a curva de rotação da Galáxia, que é um gráfico da velocidade orbital em função da distância ao centro (figura 21.12).

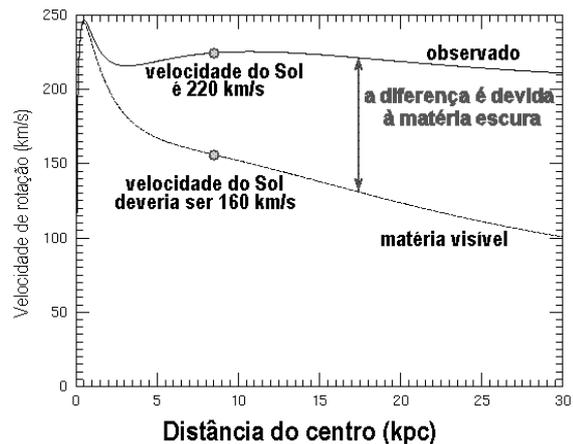


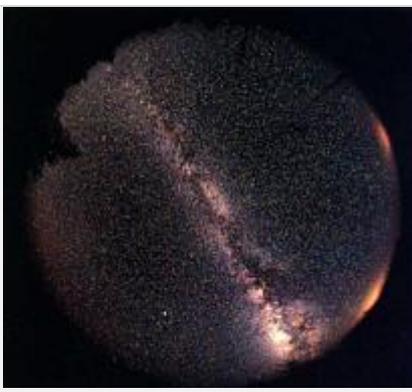
Figura 21.12: Duas curvas de rotação para a Galáxia: a curva de cima é a curva observada, a partir do movimento do gás no disco; a curva de baixo é a curva esperada pela quantidade de matéria visível.

A curva de rotação da Galáxia:

Mostra como varia a velocidade orbital das estrelas em função das suas distâncias ao centro da Galáxia. A curva de rotação mostra que as velocidades não diminuem além da órbita solar, o que significa que a massa também deve continuar a aumentar, embora não seja visível.

A curva de rotação da Galáxia mostra que a massa contida dentro do raio de 15 kpc - duas vezes a distância do Sol ao centro galáctico - é de $2 \times 10^{11} M_{\text{Sol}}$, ou seja, o dobro da massa contida dentro da órbita do Sol.

A distância de 15 kpc corresponde ao limite da estrutura espiral visível da Galáxia (onde **visível**, aqui, significa o que pode ser detectado em qualquer comprimento de onda). Portanto, era de se esperar que, a partir desse ponto, a curva de rotação passasse a decrescer, pois se a maior parte da massa da Galáxia estivesse contida até esse raio, o movimento das estrelas e do gás situados mais distantes deveria ser cada vez mais lento, da mesma forma que a velocidade dos planetas diminui à medida que aumenta sua distância ao Sol. Supreendentemente, o que se observa é que a curva de rotação fica achatada para distâncias maiores, ou seja, **as velocidades permanecem aproximadamente constantes**, em vez de diminuírem, o que implica que **a quantidade de massa continua a crescer**. A velocidade de rotação, à distância de 40 kpc, corresponde a uma massa de $6 \times 10^{11} M_{\text{Sol}}$, o que só pode ser explicado considerando que **nossa Galáxia contém matéria não-visível** que se estende muito além da matéria visível, e que constitui, no mínimo, **dois terços da massa total** da Galáxia. Essa matéria é chamada matéria escura (pois não emite radiação e portanto é invisível) externa à órbita do Sol. Essa massa, que **só interage pela gravidade**, ainda não foi detectada em laboratório e constitui um dos pontos mais perplexantes da astronomia moderna.



A matéria escura está distribuída em um halo extenso em torno da Galáxia. Conclusão: **a curva de rotação observada prova que existe matéria escura em nossa Galáxia e que ela é dominante.**

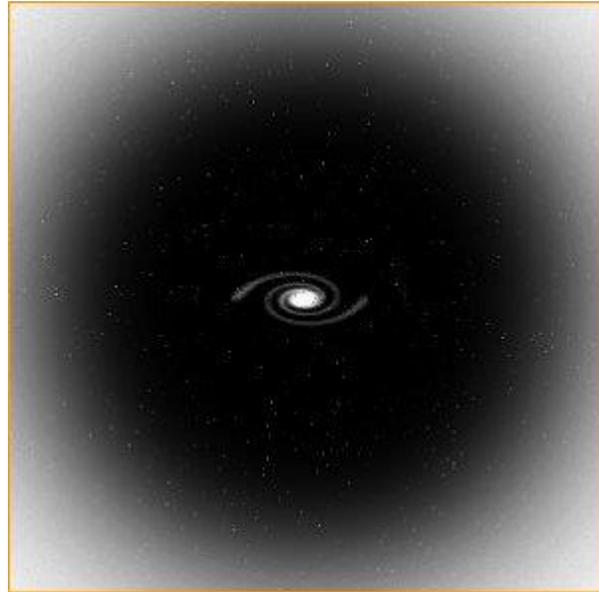


Figura 21.13: Representação artística do halo de matéria escura envolvendo a parte luminosa da Via Láctea.

Populações Estelares



Figura 21.14.: O astrônomo alemão Wilhelm Heinrich Walter Baade (1893-1960), em foto de 1955.

Estudando a galáxia Andrômeda, **Walter Baade** (figura 21.14) notou que podia distinguir claramente as estrelas azuis nos braços espirais daquela galáxia, e propôs o termo População I para estas estrelas dos braços, e População II para as estrelas vermelhas visíveis no bojo da galáxia. Atualmente, utilizamos essa nomenclatura mesmo para estrelas da nossa Galáxia e sabemos que as estrelas de **população I são estrelas jovens**, com menos de 7 bilhões de anos, ricas em metais (isto é, com conteúdo de elementos mais pesados que o He de cerca de 2%), enquanto que a **população II corresponde a estrelas velhas**, com cerca de 10 bilhões de anos, e pobres em metais, isto é, com menos de 1% em metais.



Lembre-se!

População I: composta por estrelas jovens.

População II: composta por estrelas velhas.

Centro da Galáxia:

Fica na direção da constelação de Sagitário.

O movimento das estrelas e do gás no núcleo indica a existência de um buraco negro no núcleo.

Tabela 21.02: Sumário das propriedades das populações estelares

Propriedade	População I	População II
Localização	disco e braços espirais	bojo e halo
Movimento	confinado ao plano	se afastando do plano
	órbitas quase circulares	órbitas excêntricas
Idade	$< 7 \times 10^9$ anos	$> 7 \times 10^9$ anos
Abundância de elementos pesados	1 - 2 %	0,1 - 0,01 %
Cor	azulada	avermelhada
Exemplos típicos	estrelas O,B	estrelas RR Lyrae
	aglomerados abertos	aglomerados globulares
	regiões HII	nebulosas planetárias

O Centro da Galáxia

O centro da Galáxia fica na direção da constelação de Sagitário, numa região com alta concentração de material interestelar que impede sua visualização a olho nu ou usando detectores ópticos.

A melhor maneira de estudar o bojo central é usando comprimentos de onda mais longos, como infravermelho e rádio, que atravessam mais livremente a poeira e o gás do disco.



Figura 21.15: Imagens do centro da Via Láctea no visível, à esquerda, e no infravermelho à direita. A imagem no infravermelho (cores falsas) obtida pelo projeto [2Mass \(2 Micron All Sky Survey\)](#) e [MSX \(Midcourse Space Experiment\)](#), mostra a poeira em vermelho.

Observações em rádio indicam que no centro da Galáxia existe um anel molecular de 3 kpc de diâmetro, envolvendo uma fonte brilhante de rádio, Sagitário A, que marca o centro.

O movimento do gás e das estrelas no núcleo indica que ali existe um objeto compacto, provavelmente um buraco negro com massa de 4,3 milhões de massas solares.

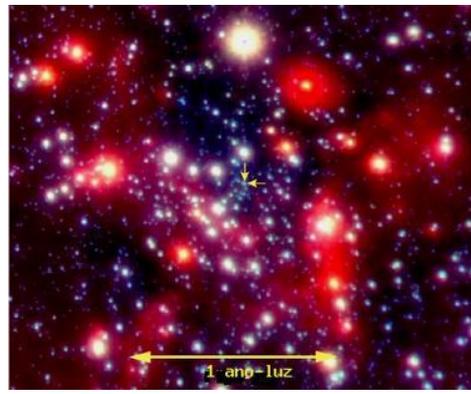
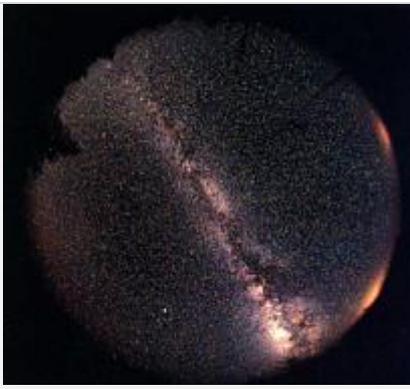
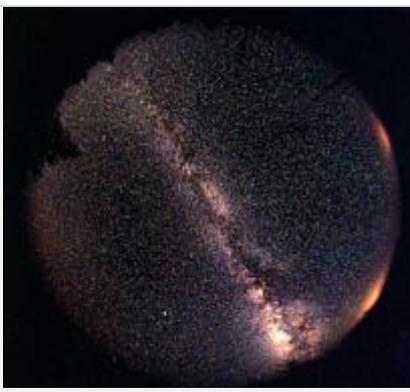


Figura 21.16: Imagem do centro da Galáxia obtida no infravermelho com um telescópio de 8,2 m do European Southern Observatory. O [movimento das estrelas em torno desse centro](#) são compatíveis com a existência de um objeto extremamente massivo e compacto.

Observações desde 2001 em raio-X confirmam que o núcleo da Galáxia é um lugar violento, com [flares diários](#), com um buraco negro central supermassivo, com massa de 4 milhões de massas solares, além de grande quantidade de gás ionizado e centenas de anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros.



Resumo

A **Via Láctea** deve seu nome a ser visualizada por nós como uma faixa nebulosa que atravessa o hemisfério celeste de um horizonte a outro. A forma de faixa indica que nossa galáxia é achatada, com forma lembrando um disco, e que o Sol está imerso nesse disco. Observações de estrelas variáveis, como Cefeidas e RR Lyrae, permitiram medir as dimensões da Galáxia (aproximadamente 25 kpc de diâmetro) e a distância do Sol ao centro galáctico: 8,3 kpc.

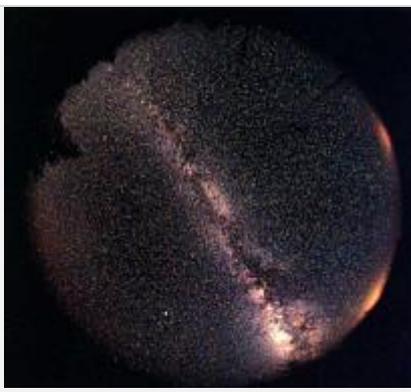
A **estrutura espiral** da Via Láctea foi determinada por observações em rádio e infravermelho, pois essas radiações podem penetrar a poeira existente no plano da Galáxia. Observações recentes sugerem que a Via Láctea tem dois braços principais e vários braços menores, mas é muito difícil ter certeza sobre o número de braços porque não podemos observá-los "de fora".

O material do disco não gira como um corpo rígido, mas tem uma rotação diferencial, sendo que as estrelas mais próximas do centro galáctico têm menos tempo para dar uma volta completa em torno do centro do que as mais distantes. O Sol leva 233 milhões de anos para dar uma volta completa em torno do centro galáctico, esse período é chamado "ano galáctico".

A **curva de rotação** da Galáxia (um gráfico da velocidade orbital das estrelas em função de suas distâncias ao centro galáctico) não cai com a distância ao centro galáctico, indicando que a massa continua a crescer para as partes mais externas e pouco luminosas da galáxia. Essa observação levou à conclusão de que a maior parte da massa da nossa galáxia está em um halo de matéria escura que se estende muito além das bordas visíveis.

Existem dois tipos principais de **população estelar** na Galáxia: a População I é composta basicamente de estrelas jovens, sendo a população típica do disco e dos braços espirais. A População II é composta por estrelas velhas. É a população típica do bojo e dos aglomerados globulares.

O **centro da galáxia** fica na direção da constelação de Sagitário. É identificado pela posição de uma fonte brilhante de rádio chamada Sagitário A. O movimento das estrelas em torno dessa fonte indica que ali tem um buraco negro com massa de 4 milhões de massas solares.



Questões de fixação

1. O que é a Via Láctea, e por que tem esse nome?
2. Faça uma representação esquemática da nossa galáxia, de frente e de perfil, colocando as dimensões e a localização do Sol, halo, disco, bojo nuclear, e braços espirais.
3. Qual região da Galáxia é definida pelos aglomerados globulares? Qual a forma e tamanho dessa região? Em que ponto da Galáxia ela está centrada?
4. Que evidências existem para a existência de uma estrutura espiral em nossa galáxia? Por que os astrônomos acreditam que nos braços espirais esteja ocorrendo formação de novas estrelas?
5. Que tipo de objetos são chamados mapeadores ópticos da estrutura espiral? Como se mapeia a estrutura espiral em rádio?
6. Como as estrelas variáveis pulsantes são usadas para medir as distâncias de estrelas? Uma estrela variável com período não uniforme pode ser usada para esse fim? Explique.
7. Como as observações do hidrogênio neutro (HI) são usadas para estudar a rotação da Galáxia e a distribuição do gás dentro dela?
8. O que é a curva de rotação da Galáxia? (é uma curva do que em função do quê?)
9. Que evidência observacional existe de que uma grande fração da massa da Galáxia está em órbitas externas à órbita do Sol?
10. Qual é a diferença de população I e população II em termos de idade, composição química, localização na Galáxia, e características orbitais?
11. Por que é difícil estudar o centro da Galáxia? Que região do espectro é mais indicada para ser utilizada na realização desse estudo? Para ajudar a responder esta questão, observe estes [mapas da Via Láctea em diferentes comprimentos de onda](#). Em qual dos mapas o centro da nossa Galáxia aparece mais brilhante?
12. Em um certo aglomerado de estrelas observa-se uma cefeida cujo período de variação é de 20 dias, e cuja magnitude aparente média é $m = 20$. Usando a relação período-luminosidade das cefeidas ($M = -3,125 \log P - 1,525$, P em dias), encontre a distância desse aglomerado. (Assuma que a distância do aglomerado é a distância encontrada para a Cefeida.)
13. Usando a distância do Sol ao centro galáctico (8,5 kpc), e a velocidade com que ele se move (220 km/s),
 - a) Qual é a duração do "ano galáctico"?
 - b) Qual a massa da Galáxia interna à órbita do Sol?
 - c) Lembrando que o Sol tem uma idade de 5 bilhões de anos, quantas voltas ele já deu em torno do centro galáctico?

