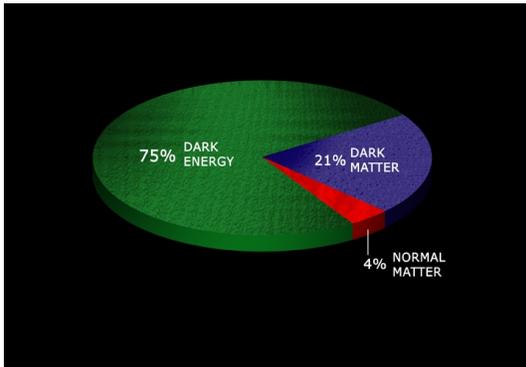


# A maior e invisível parte do Universo

## EIXO PRINCIPAL

Após muito observar o Universo próximo e distante, os astrônomos e físicos chegaram à conclusão que a matéria como a conhecemos, formada pelos átomos da tabela periódica, constitui somente 4% do Universo. Ou seja, não sabemos a natureza do que constitui 96% do Universo!

O que conhecemos é o que chamamos de matéria bariônica, feita de prótons e nêutrons. O que não conhecemos são a matéria escura, que constitui algo como 23% do Universo e a energia escura, que constitui uns 73%.



pie.tif: Diagrama mostrando a distribuição aproximada dos componentes do Universo. Fonte:

<http://chandra.harvard.edu/photo/2004/darkenergy/pie.tif>

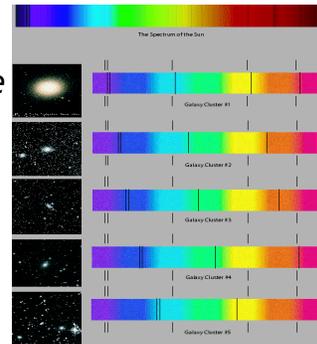
## EIXO PRINCIPAL – Matéria Escura

Sabemos há quase um século que as galáxias se afastam umas das outras. Ou seja, o Universo está em expansão e a velocidade de afastamento é proporcional à sua distância. Essa é a lei de Hubble, que leva o nome do astrônomo, Edwin Hubble, que a formulou em 1929.

Hubble\_law.png: Quanto mais distante uma galáxia, mais deslocado para o vermelho está o seu espectro eletromagnético, o que significa que maior a velocidade de afastamento de nós. Essa é a Lei de Hubble. À esquerda da figura, de cima para baixo, imagens de galáxias cada vez mais distantes. Note como as linhas de absorção de seu espectro estão cada vez mais deslocadas para o vermelho.

Fonte:

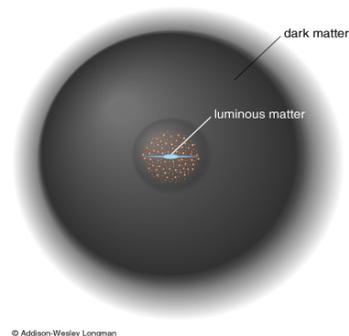
<http://astronomy.nmsu.edu/astro/a110labs/labmanual/img128.png>



Mas como se movimenta o material dentro de uma galáxia? O que se observa é que a velocidade orbital das estrelas e do meio interestelar dentro das galáxias é muito maior do que a esperada.

A interpretação física deste resultado é que há muito mais matéria no interior das galáxias, mantendo as estrelas e gás em órbita, do que aquilo que podemos observar. A massa que falta é da ordem de 6 vezes a que observamos! Ou seja, precisamos de uma matéria que não enxergamos, e por isto a chamamos de matéria escura, de modo a explicar a grande velocidade interna às galáxias.

21-1-DarkMatter.jpg: Ilustração sobre a possível distribuição de matéria escura envolvendo uma galáxia espiral como a nossa. A matéria escura é representada pelo grande halo esférico de cor escura na figura, que ocupa um volume muito maior do que aquele ocupado pelas estrelas do disco da galáxia (em azul) ou mesmo pelo halo estelar (cor vermelha)



Fonte:

[http://tycho.bgsu.edu/~laird/cp\\_images/21-1-DarkMatter.jpg](http://tycho.bgsu.edu/~laird/cp_images/21-1-DarkMatter.jpg)

## EIXO SECUNDÁRIO

Aparentemente, a matéria escura é formada por partículas que interagem pouco com a matéria bariônica e com a luz, já que nunca foram detectadas diretamente. Apenas constatamos sua existência pelo efeito gravitacional que esse material exerce sobre a matéria visível.

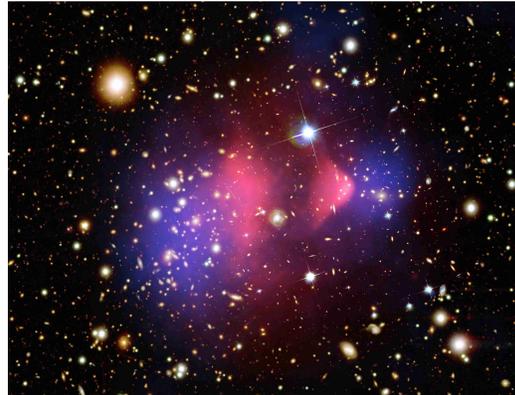
Experimentos para detectar objetos como planetas, estrelas pouco luminosas ou gás frio mostraram que a quantidade destes objetos é muito pequena para serem bons candidatos a matéria escura.

Outra evidência da existência de matéria escura, mas agora numa escala muito maior, é dada pelo movimento de galáxias dentro de um aglomerado de galáxias.

Assim como estrelas dentro de uma galáxia, as galáxias têm um movimento orbital dentro dos aglomerados. Novamente, observa-se que suas velocidades são mais altas do que esperado pela quantidade de matéria visível. Nos aglomerados, além das galáxias, há um gás rarefeito e quente, que emite em raios-X. A observação destes aglomerados mostra que a maior parte da massa visível está neste gás. Mas mesmo considerando o gás junto com as estrelas, ainda é necessário 6 vezes mais matéria para reproduzir o movimento das galáxias no interior desses aglomerados.

1e0657.tif: *O aglomerado de galáxias “Bala”: é na verdade o resultado da colisão de dois aglomerados. As imagens das galáxias aparecem em laranja, enquanto que a imagem do gás quente (a partir da sua emissão de raios-X) aparece em vermelho. A distribuição de matéria escura aparece em azul na figura, e parece seguir a distribuição das galáxias.*

*Note que a distribuição da matéria escura é diferente da distribuição do gás, indicando que as partículas que formam a matéria escura não são como partículas de gás, que sofrem efeitos hidrodinâmicos. Estes efeitos são responsáveis pela imagem assimétrica do gás, que “ficou para trás” em relação às galáxias e à matéria escura, à medida que os dois aglomerados passam um pelo outro.*



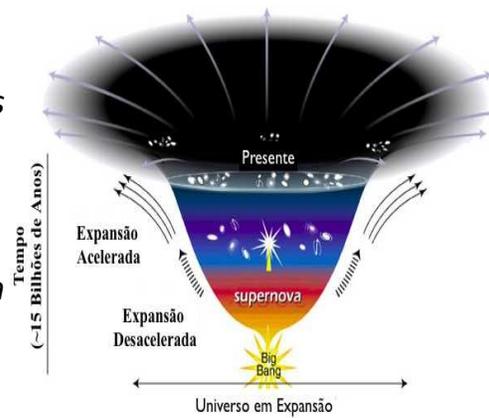
Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2006/1e0657/1e0657.tif>

## **EIXO PRINCIPAL**

A energia escura é totalmente diferente da matéria escura. Ela foi descoberta somente a partir de 1998, quando medidas de distâncias de supernovas revelaram que o Universo parece estar em expansão acelerada. Sempre se pensou que a expansão do Universo, conhecida há

quase um século, fosse desacelerada gravitacionalmente pela própria matéria presente no Universo.

dark\_expansion-lg.jpg: *Representação esquemática da expansão do Universo ao longo do tempo. O tempo aumenta de baixo para cima. No início, logo após o Big Bang, houve desaceleração da expansão por causa da gravidade. Mas, na época atual, há uma aceleração da expansão, devido à energia escura. Somente a observação de supernovas a grandes e variadas distâncias, com os modernos telescópios, permitiu descobrir essa mudança na expansão.*



Fonte:

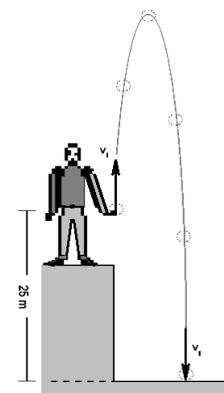
[http://www.stsci.edu/%7Einr/thisweek1/thisweek/dark\\_expansion-lg.jpg](http://www.stsci.edu/%7Einr/thisweek1/thisweek/dark_expansion-lg.jpg)

## EIXO SECUNDÁRIO

Para entender como foi descoberta a energia escura, podemos fazer um paralelo com o processo de jogar uma pedra para cima. Devido à força gravitacional da Terra, a pedra sobe num movimento desacelerado, ou seja, a velocidade diminui com a altura. O que você pensaria se visse uma pedra subir e de repente a velocidade da pedra para cima começasse a aumentar? Você concluiria que tem alguma força misteriosa empurrando a pedra, e poderia chamá-la de energia escura. O nome, portanto, se deve à nossa ignorância sobre a natureza desta energia misteriosa.

vertical\_motion.bmp: *Se jogamos um objeto para cima ele é desacelerado pela gravidade, atinge uma altura máxima e volta ao chão. O que diríamos se a velocidade do objeto aumentasse, ou seja, se ele fosse acelerado para cima?!*

Fonte:



<http://faculty.trinityvalleyschool.org/hoseltom/labs/z3516.bmp>

Existem algumas hipóteses para tentar explicar a energia escura. Uma delas é que a energia necessária para acelerar o Universo vem do vácuo. De fato, experimentos de laboratório têm demonstrado que o vácuo tem mesmo energia, só que os valores obtidos não são os esperados pela teoria, e ainda há um longo caminho a trilhar até entendemos a natureza da energia escura.

## EIXO PRINCIPAL

Podemos então entender a evolução do Universo como uma competição entre a matéria (dominada pela matéria escura) e a energia escura, como ilustrado na abaixo. A matéria, bariônica e escura, produz uma força atrativa, que desacelera a expansão do Universo, enquanto que a energia escura produz uma "força repulsiva", que acelera a expansão. Atualmente, a força repulsiva está vencendo a atrativa, e por isto o Universo está em expansão acelerada. Se a tendência continuar, o futuro do Universo será uma expansão cada vez mais rápida, que resultará num Universo frio, escuro e onde as galáxias ficam cada vez mais distantes entre si.

dark\_energy\_diagram.jpg: *Ilustração das forças que influenciam a expansão do Universo, através de uma analogia, o "Cabo de Guerra". Enquanto a matéria escura retarda a expansão, a energia escura a acelera. No passado, ganhava a matéria escura. No presente, a energia escura está ganhando.*

Fonte: [http://www.centauri-dreams.org/wp-content/uploads/2006/11/dark\\_energy\\_diagram.jpg](http://www.centauri-dreams.org/wp-content/uploads/2006/11/dark_energy_diagram.jpg)

