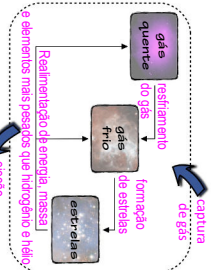
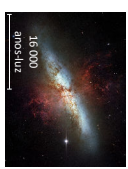
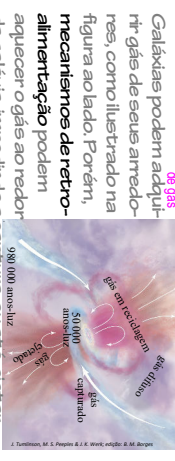


# O nascimento e a vida das galáxias

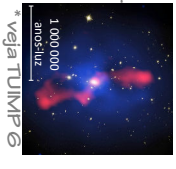
## O Universo no meu bolso



O diagrama ao lado ilustra o ciclo do gás e formação estelar em uma galáxia. Enquanto houver gás frio, a galáxia pode formar estrelas.



8 tando e aquecendo o gás dos arredores (direita).



8 \*Veja TUIMP 6

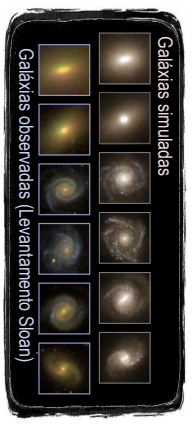
Respostas no verso

## Desafio

Você sabe identificar quais identifi- ficar imagens criadas a partir de simulações e quais são observações reais?

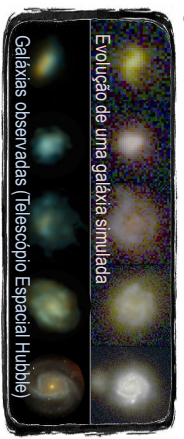
## Criando galáxias

Nas últimas décadas, **simulações cosmológicas** executadas em super computadores têm nos ajudado a entender como as galáxias se formaram e evoluíram. As imagens ao lado mostram resultados de uma das maiores simulações já feitas até hoje. Essas simulações descrevem mais de 13 bilhões de anos de evolução cósmica de um volume contendo dezenas de milhares de galáxias. Elas incluem gás, estrelas, matéria escura, energia escura e diversos processos físicos como evolução estelar, enriquecimento químico e mecanismos de retro-alimentação. Apesar da imensa complexidade, podemos ver que as simulações reproduzem incrivelmente bem as propriedades das galáxias reais! Essas simulações são tão complexas que, se fosse possível executá-las em um computador comum, elas levariam de centenas a milhares de anos para serem concluídas! **13**



Galáxias observadas (Levantamento Sloan)

Comparação entre observações reais e imagens de galáxias criadas a partir de simulações do projeto Ilustris realizadas em supercomputadores. Figura acima: diferentes tipos morfológicos. Figura abaixo: evolução de uma galáxia simulada comparada com galáxias observadas de idades similares.

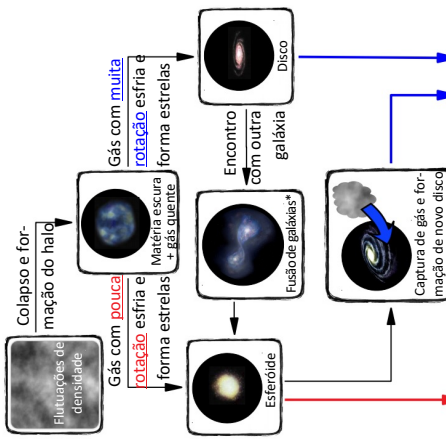


Galáxias observadas (Telescópio Espacial Hubble)

12 bilhões de anos atrás 8 hoje



Galáxia elíptica



\*modo mais comum e violento de destruir discos galácticos e transformar-los em esteróides.

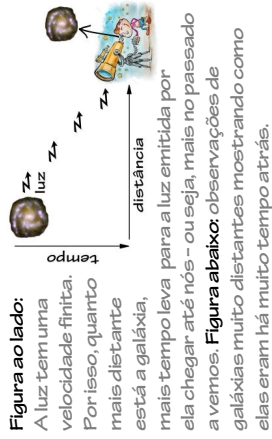
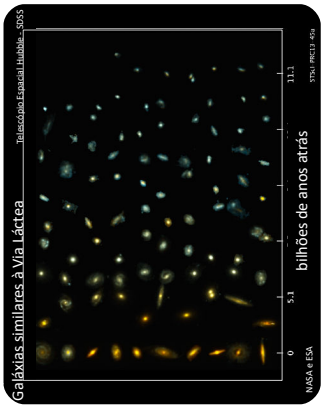
## Flutuações de densidade

Qualquer teoria de formação e evolução de galáxias tem a difícil missão de explicar quais, quando e como vários processos físicos ocorrem para dar origem aos diferentes tipos de galáxias que observamos hoje. Sabemos que a sequência de Hubble\* não é sequência evolutiva, e o diagrama ao lado ilustra os caminhos que podem levar à formação de galáxias elípticas e espirais. Tudo começa com minúsculas **flutuações de densidade** no Universo muito, muito jovem. Conforme o Universo expande\*\*, a amplitude dessas flutuações fica cada vez maior. Finalmente, **a gravidade vence** e ocorre o colapso do halo de matéria escura. Gás quente é atraído para esses halos e esfria, formando estrelas. Se o resultado será uma galáxia elíptica ou uma espiral dependerá de quanta rotação e gás tem o halo, e se ocorrem ou não fusões com outras galáxias.

\*Veja TUIMP 3 5 \*\*Veja TUIMP 1-12

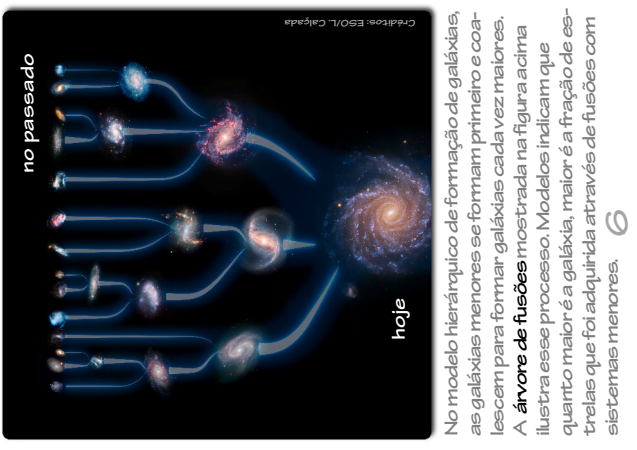
**O Universo hierárquico**

No modelo cosmológico que descreve o nosso Universo, as flutuações de densidade iniciais têm amplitudes maiores em escalas menores. Isso significa que os halos de matéria escura menores se formam primeiro e coalescem, formando halos cada vez maiores. A história de formação de um halo de matéria escura pode ser descrita por uma **árvore de fusões**. Como galáxias menores estão em halos de matéria escura menores, a formação das galáxias ocorre de maneira **hierárquica**. Porém, as observações mostram que galáxias menores formam suas estrelas mais tarde em comparação com galáxias massivas. Este efeito ocorre porque as galáxias maiores atingiram uma massa total crítica mais cedo, o que impediu a formação de mais estrelas. Por outro lado, as galáxias pequenas podem formar estrelas por mais tempo, resultando em populações estelares mais jovens.



**Observando o passado**

A luz viaja com uma velocidade de 300 mil quilômetros por segundo, um valor alto, mas finito. A consequência disso é que observações profundas do céu **nos abrem uma janela para o passado**. Com telescópios espaciais conseguimos observar galáxias tão distantes que a luz emitida por elas viajou pelo espaço por cerca de 13 bilhões de anos até chegar até nós. Ou seja, nós vemos essas galáxias como elas eram há 13 bilhões de anos! No passado, elas eram mais irregulares, tinham mais gás e formavam estrelas a uma taxa bem mais alta do que as galáxias hoje. Com as imagens incrivelmente nítidas obtidas com o telescópio espacial Hubble, descobrimos muito sobre as fases iniciais da evolução de galáxias. Com o futuro **telescópio espacial James Webb**, teremos imagens incríveis de galáxias a distâncias muito maiores, nos permitindo observar as primeiras galáxias!



**Um Universo de galáxias**

Em 1924, Edwin Hubble mostrou que nebulosas espirais observadas até então eram de fato outras galáxias, semelhantes à nossa Via Láctea\*. Cerca de 30 anos se passaram até que surgissem os primeiros modelos para explicar a formação desses objetos. Portanto, o nosso conhecimento sobre esse assunto é algo muito recente. A teoria atual para a formação e evolução de galáxias é construída no contexto cosmológico de Lambda Matéria Escura Fria. Nesse contexto, o Universo contém três componentes principais: cerca de 26% é matéria escura fria, 70% é energia escura e apenas 4% é matéria normal que conhecemos (e chamamos de bariônica). A proporção entre essas componentes determina como as estruturas no Universo se formam e evoluem. Porém, até hoje não sabemos o que são essas componentes

**Respostas**

As imagens das simulações são do projeto Illustris; as observações são do Levantamento Digital do Céu Sloan. É difícil dizer qual é qual, não é?

Simulação

Observação

Simulação

Observação



Em 1933, Fritz Zwicky mediu as velocidades de galáxias em um aglomerado, e o alto espalhamento nas velocidades o levou a deduzir que a massa do aglomerado é dominada pela **matéria escura**. Em 1998, dois times de pesquisadores descobriram que o Universo se expande de forma acelerada. Como não sabemos qual a natureza da energia que causou essa aceleração, a chamamos de **energia escura**.



Para saber mais sobre essa série e sobre os tópicos deste livrinho, visite <http://www.tumip.org>

