

# História e Geografia do Universo

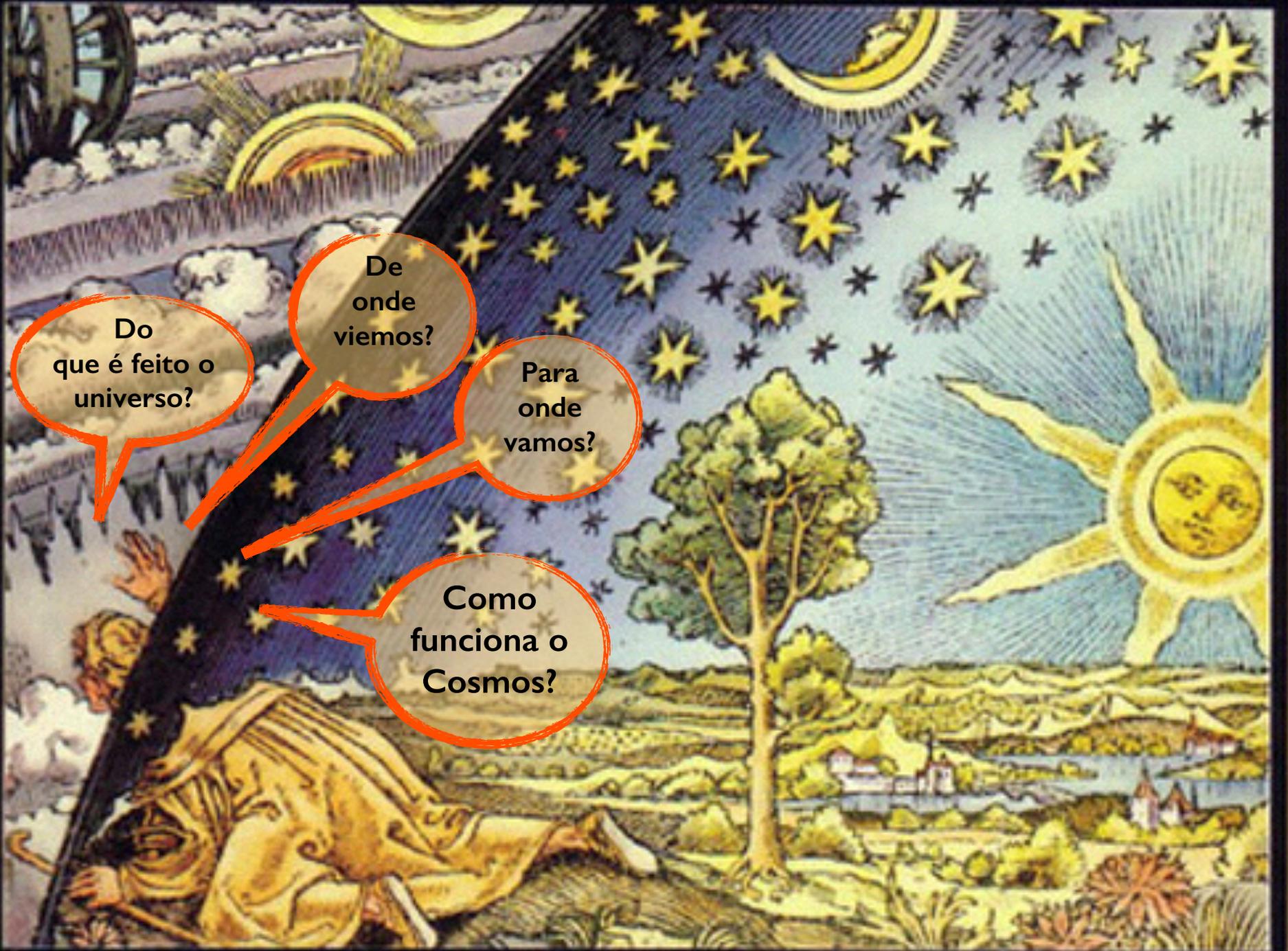


Raul Abramo  
Instituto de Física  
Universidade de São Paulo  
[abramo@if.usp.br](mailto:abramo@if.usp.br)



Vamos imaginar uma daquelas noites claras em que olhamos para o céu...





Do que é feito o universo?

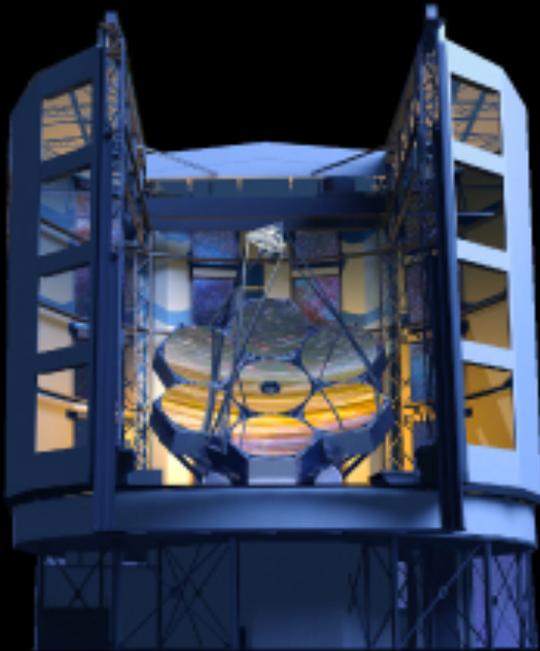
De onde viemos?

Para onde vamos?

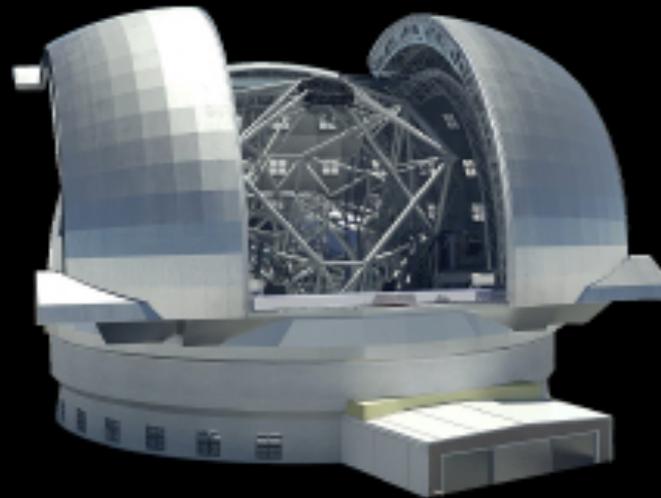
Como funciona o Cosmos?

Não precisamos contar apenas com os nossos pobres olhos humanos

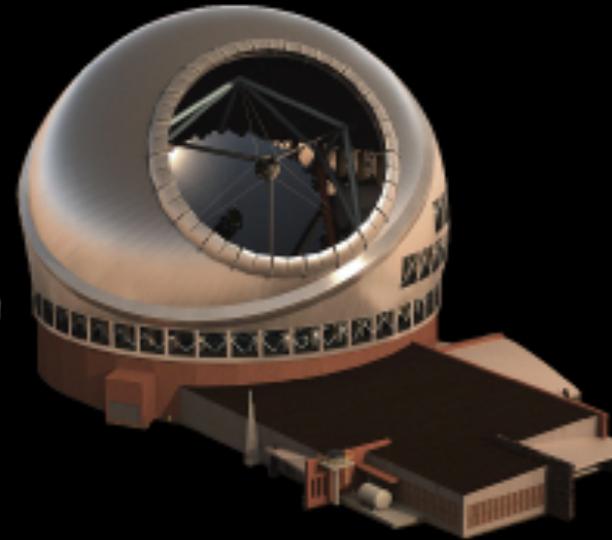
[Próxima geração de telescópios gigantes]



**GIANT  
MAGELLAN  
TELESCOPE**



**EUROPEAN  
EXTREMELY LARGE  
TELESCOPE**

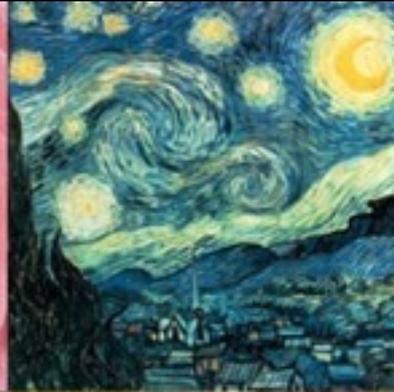


**THIRTY  
METER  
TELESCOPE**

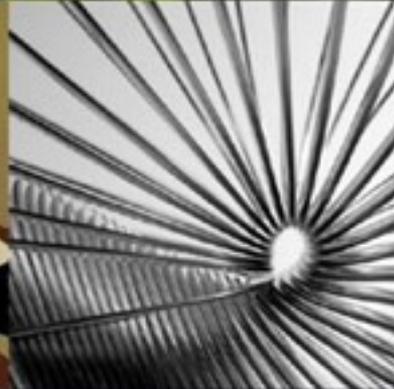
# Além disso, também precisamos nos valer da Física: o conjunto das leis da natureza



**Sir Isaac  
Newton**



**Albert  
Einstein**



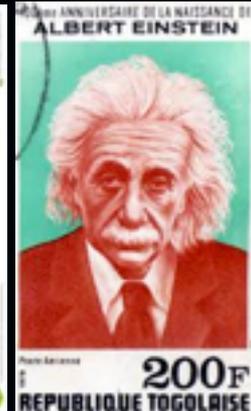
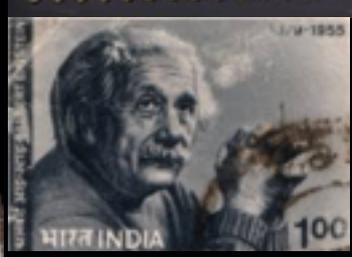
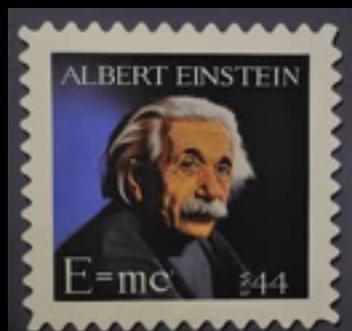
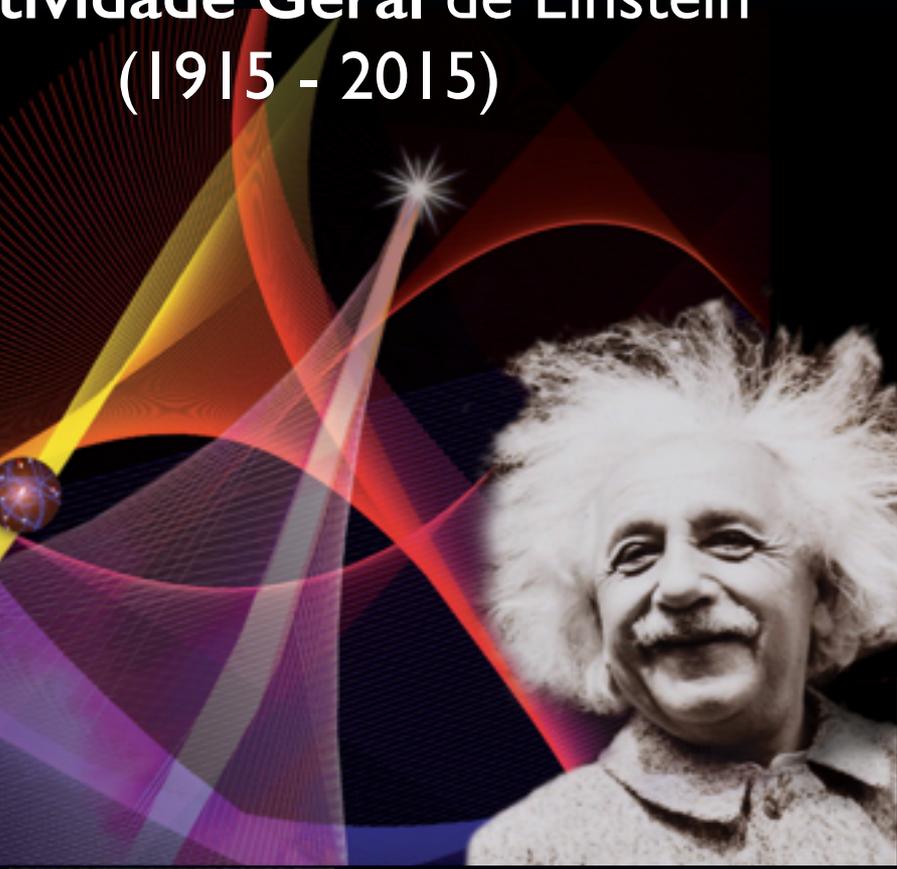
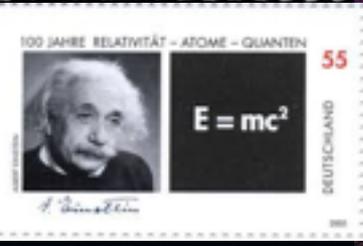
**James C.  
Maxwell**



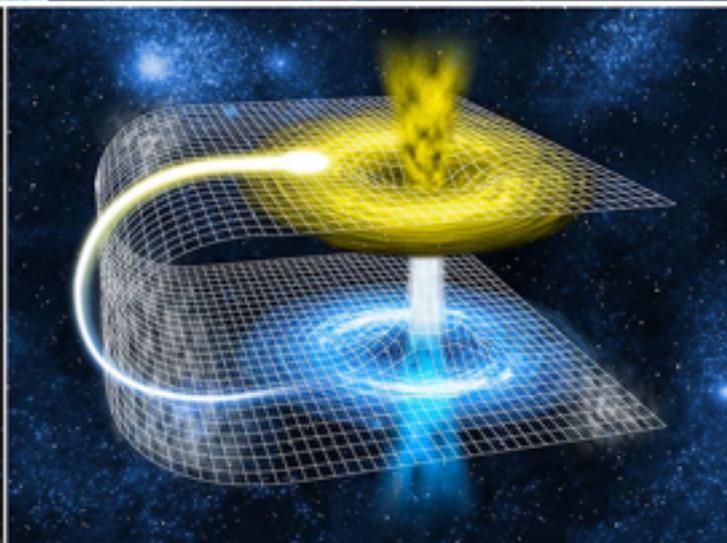
**Max Planck**



# 100 Anos da Teoria da Relatividade Geral de Einstein (1915 - 2015)



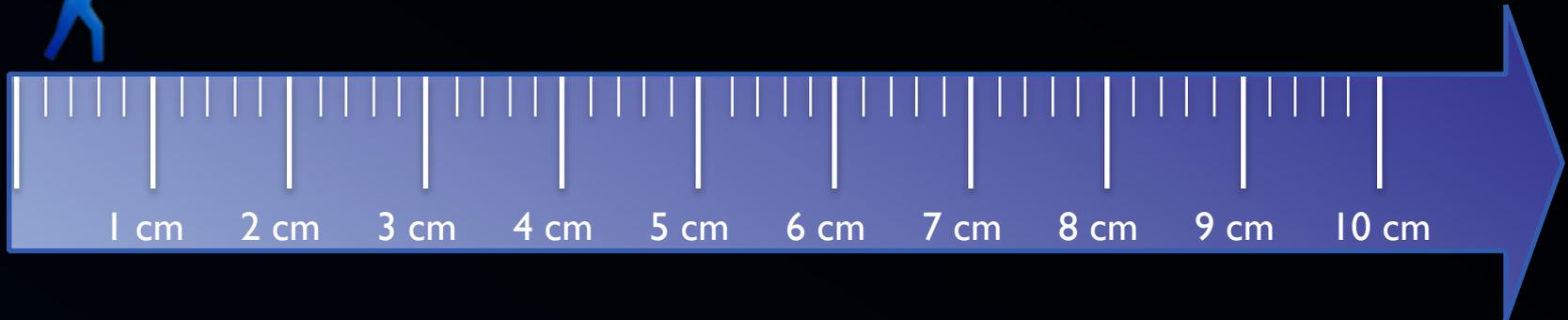
# Relatividade Geral



Mas afinal... o que é o “cosmos”?



# A Física descreve tanto o reino "micro" quanto o reino "macro"

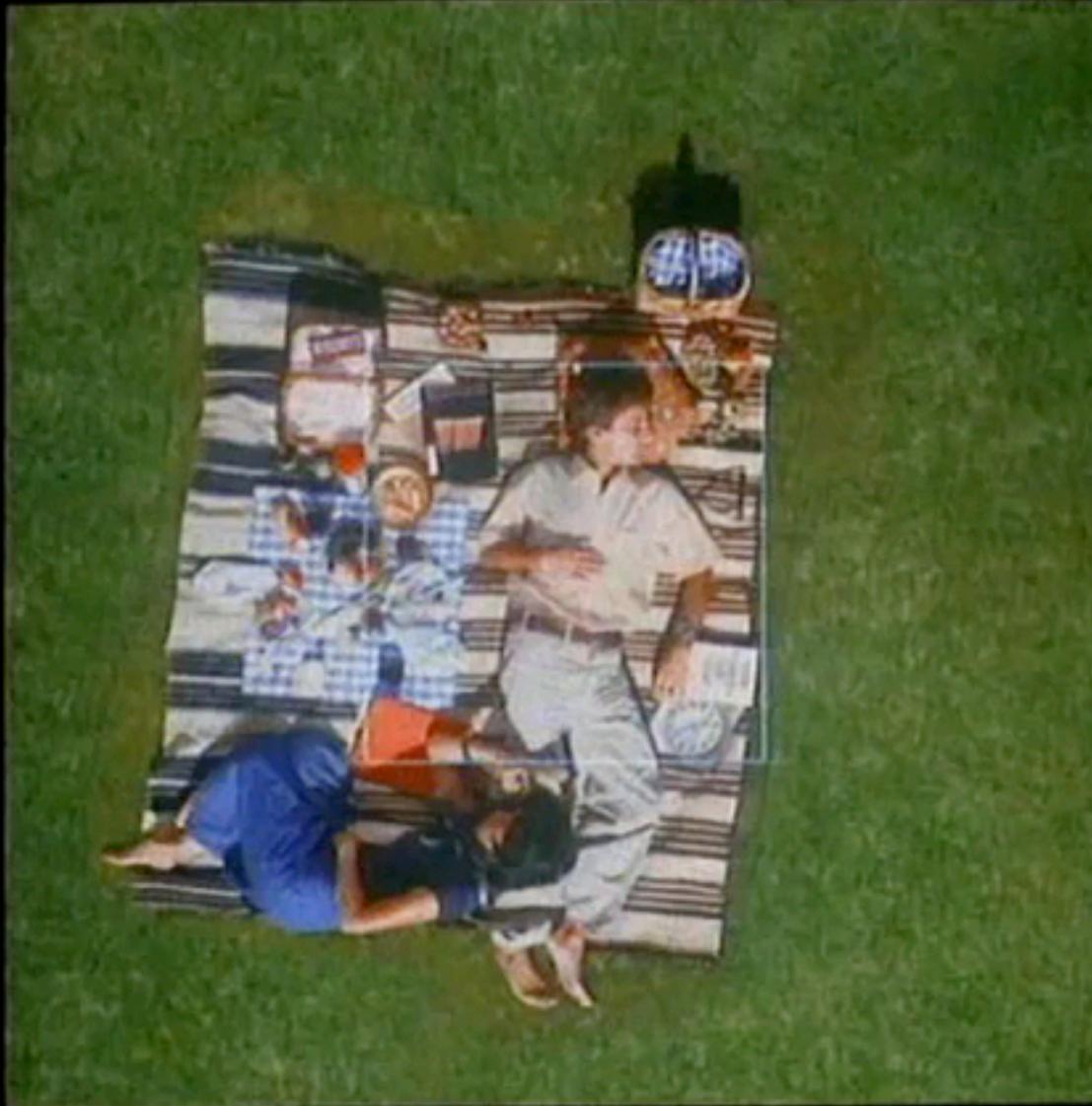


Para explorar melhor esses reinos, temos que usar a nossa imaginação — ou melhor, a Matemática!



Os reinos “micro” e “macro” são realidades radicalmente diferentes daquelas que encontramos no nosso cotidiano. Vamos primeiro viajar para dentro do “micro”, em 13 passos

10 meters



1  
10  
meters

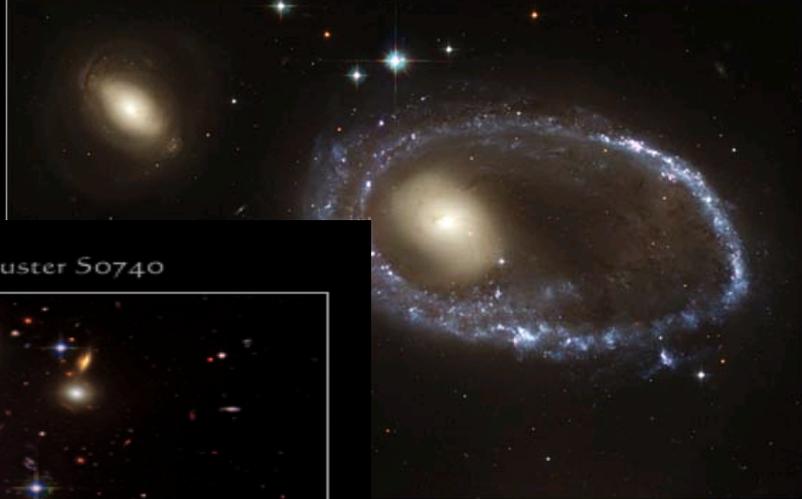
Agora, vamos olhar “para fora”, o “macro”.

Quantos passos você acha que precisamos dar para chegar aos confins do universo?

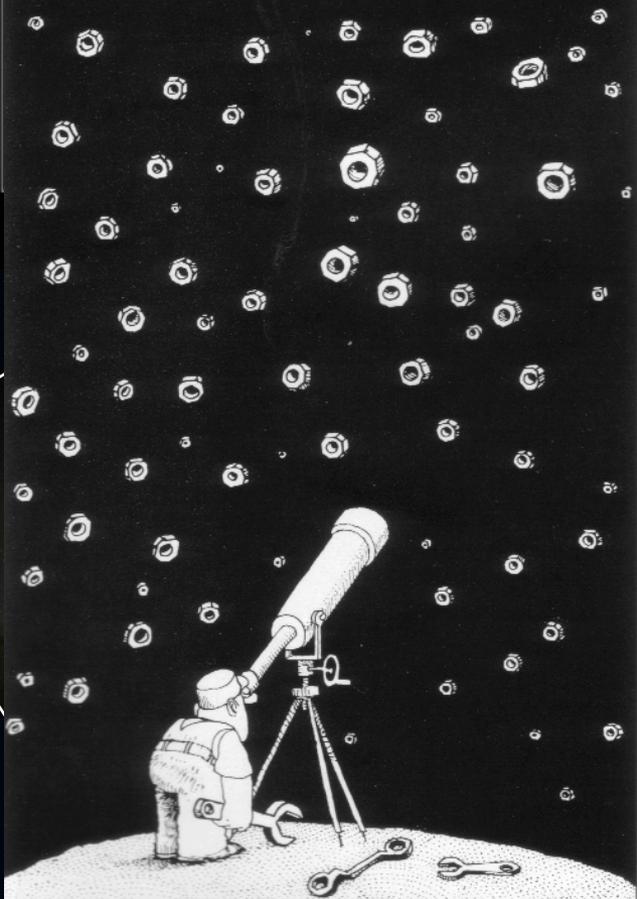
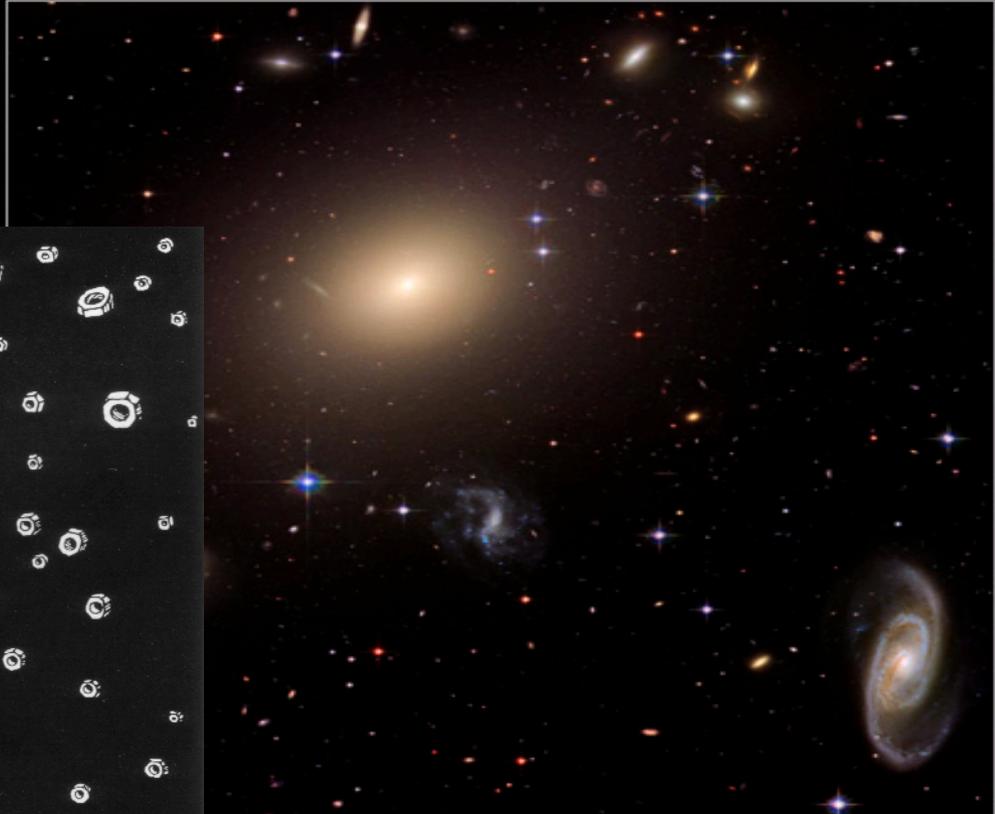
*Cosmic Voyage [IMAX & National Air & Space Museum, 1996]*



**28 PASSOS!**



Elliptical Galaxy ESO 325-G004 in the Abell Cluster S0740



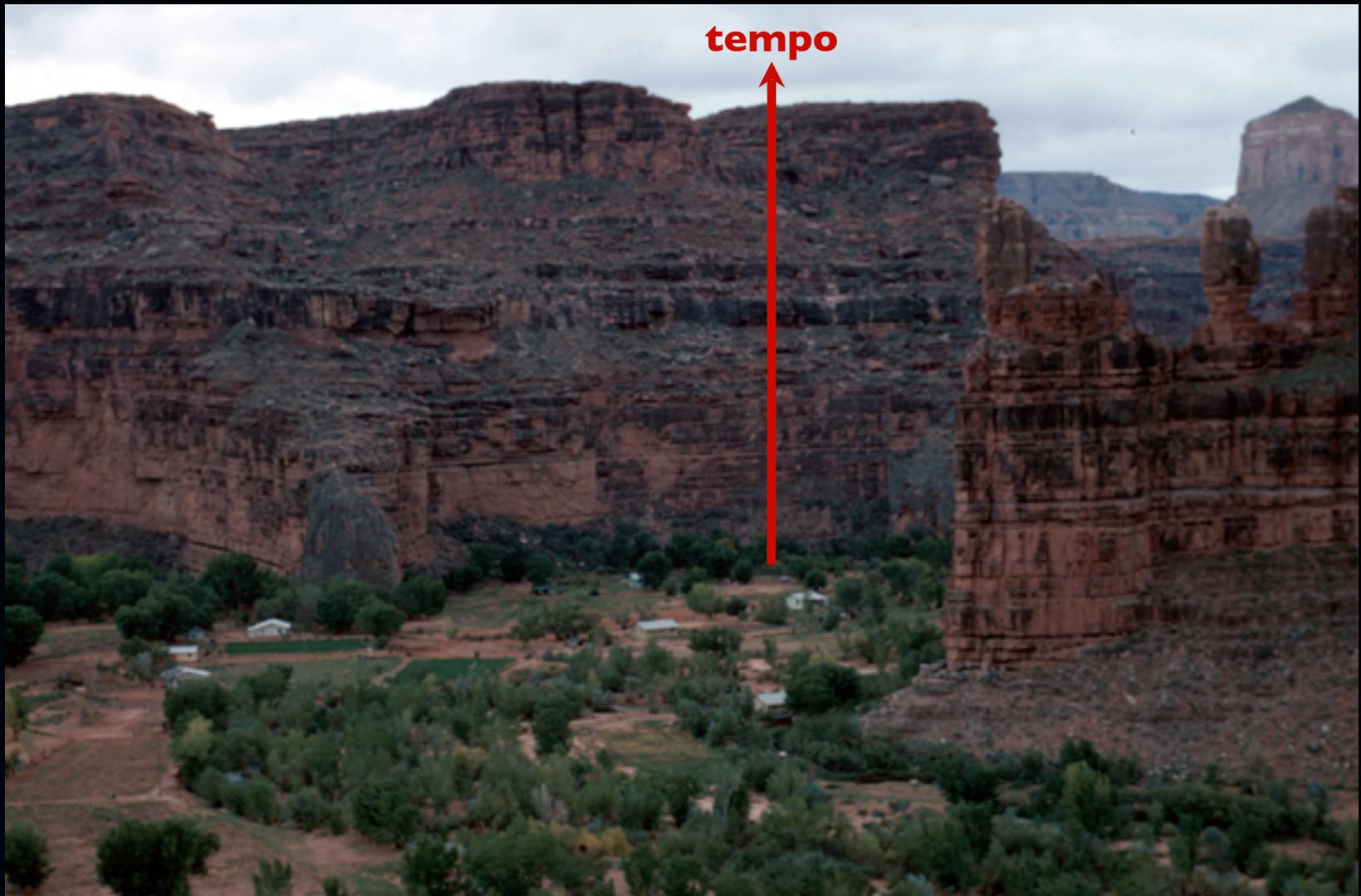
Hubble Heritage

Hubble Heritage

Hubble Heritage

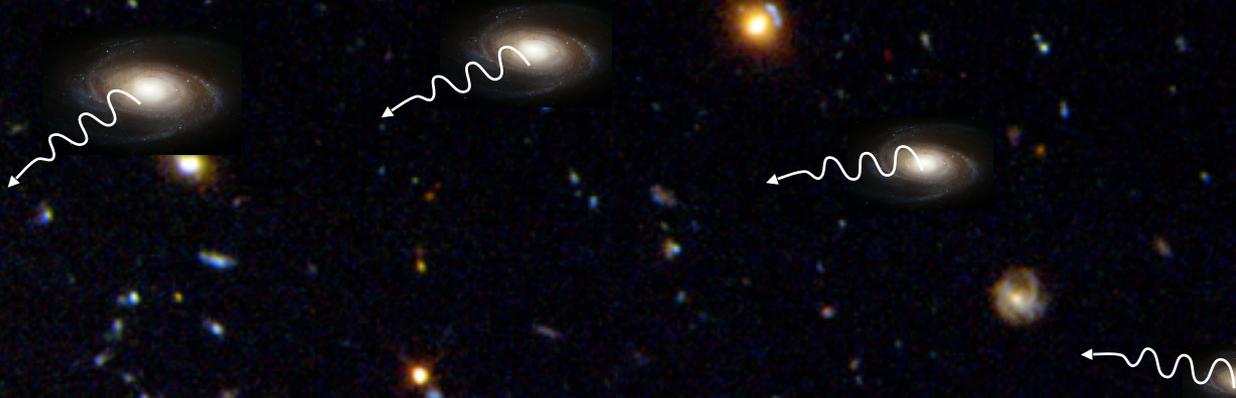


Não podemos fazer **experimentos com o universo** - só fazemos **observações**. É assim também, por exemplo, com a Geologia:



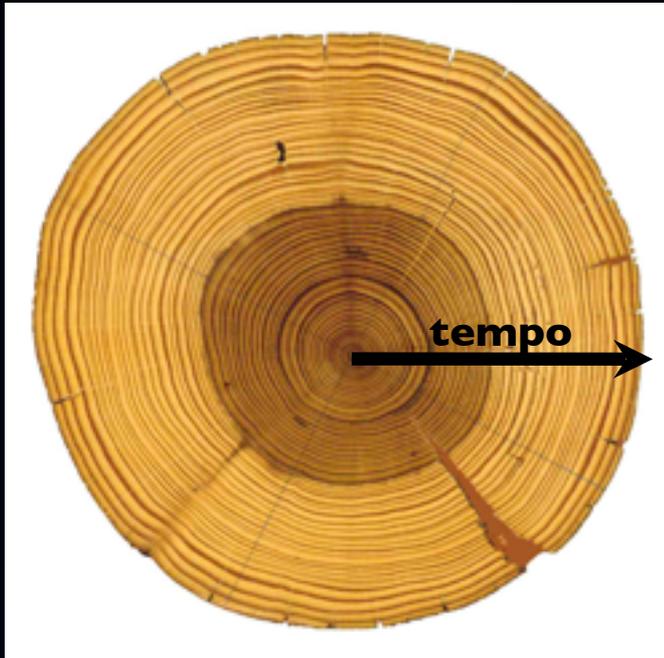
# A Geografia (espaço) e a História (tempo) do Cosmos se misturam!

*velocidade da luz =  $c = 300.000$  km/s*

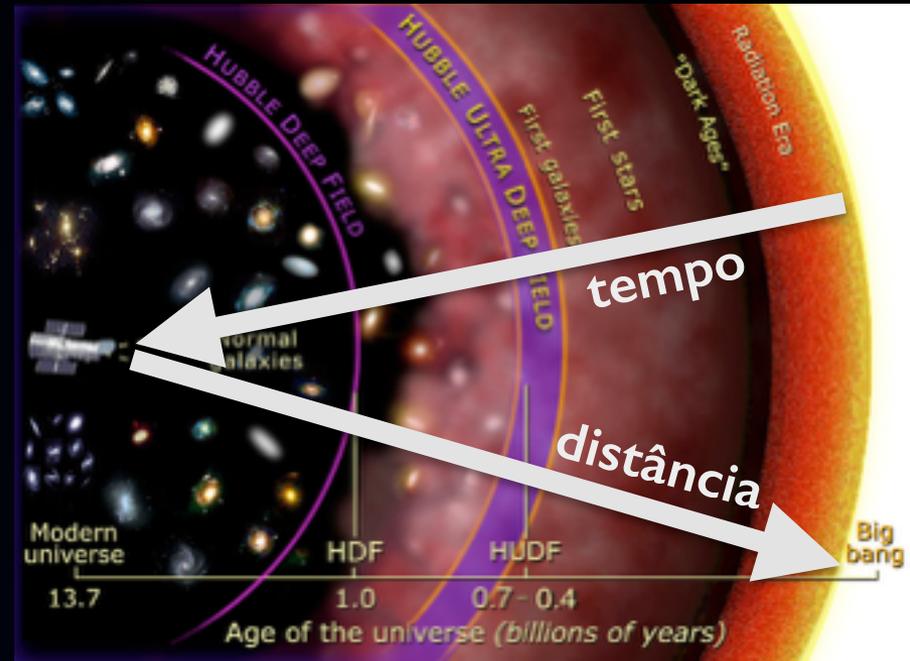


Hubble Deep Field

- Podemos estudar as árvores (e o clima) pelas camadas que se formam ao longo dos anos



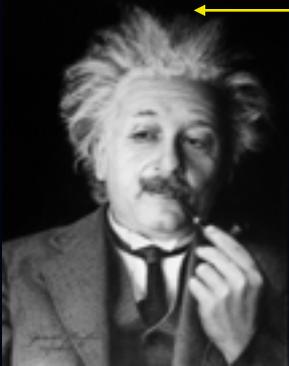
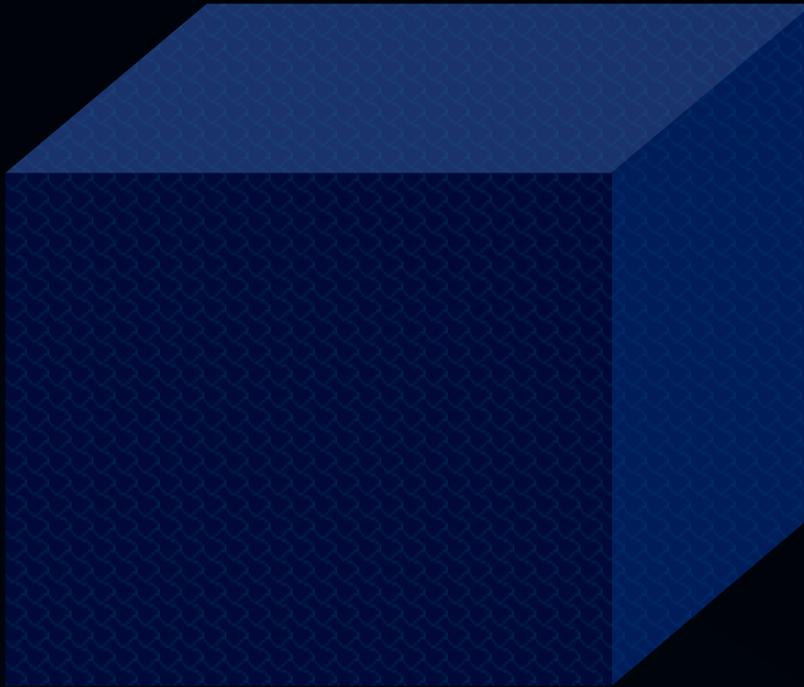
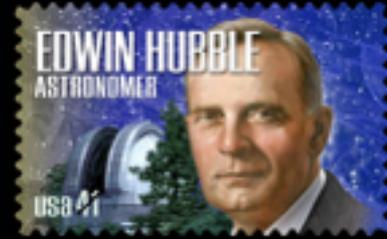
- Quanto **mais longe** observamos algo no universo, **mais no passado** estamos viajando



- Assim como o homem, o universo "evolui" com o tempo!



- Em 1930, Edwin Hubble fez uma descoberta assombrosa: **o universo está se expandindo**

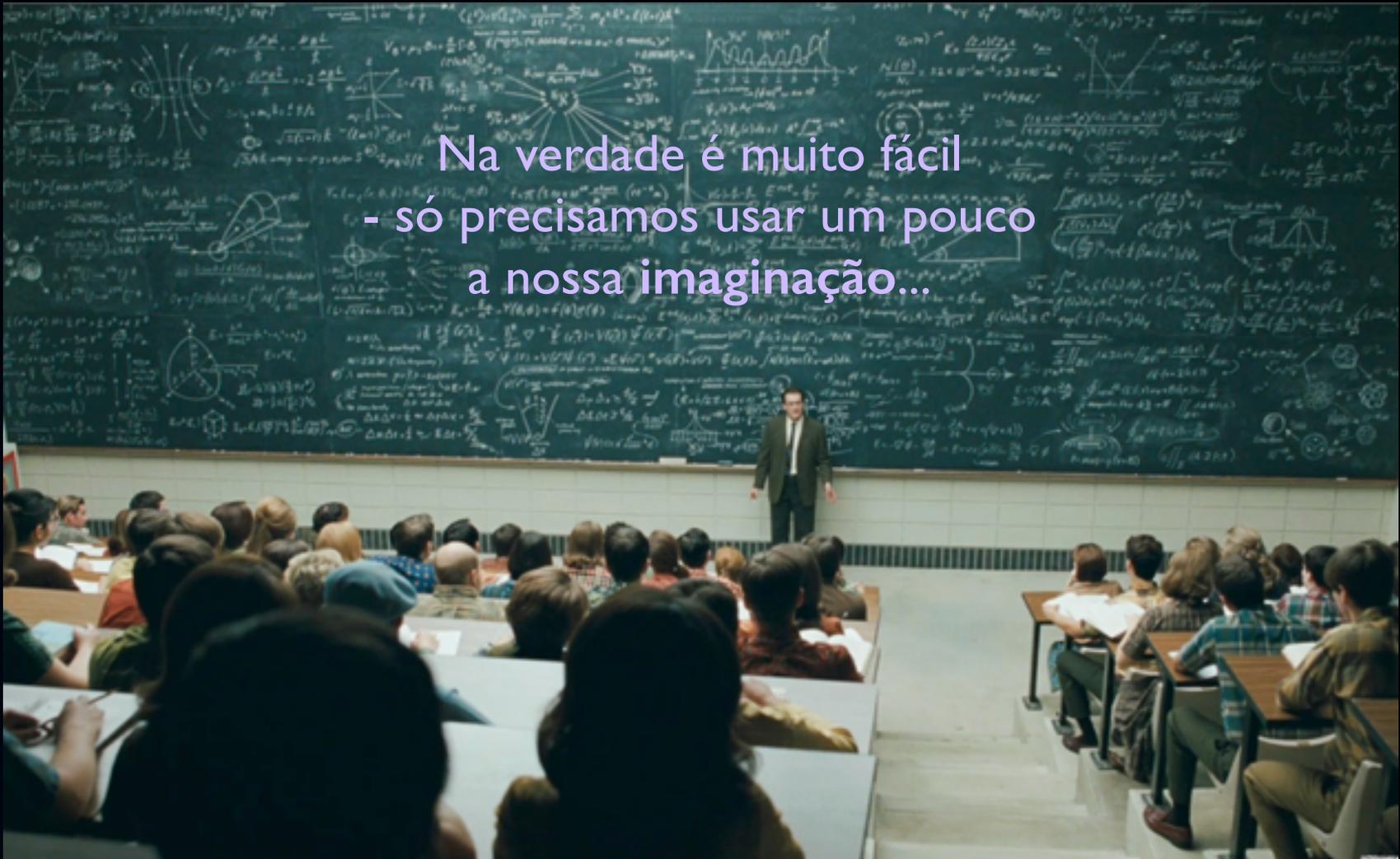


Essa observação (que surpreendeu Einstein) deu ainda mais força à Teoria da Relatividade Geral!

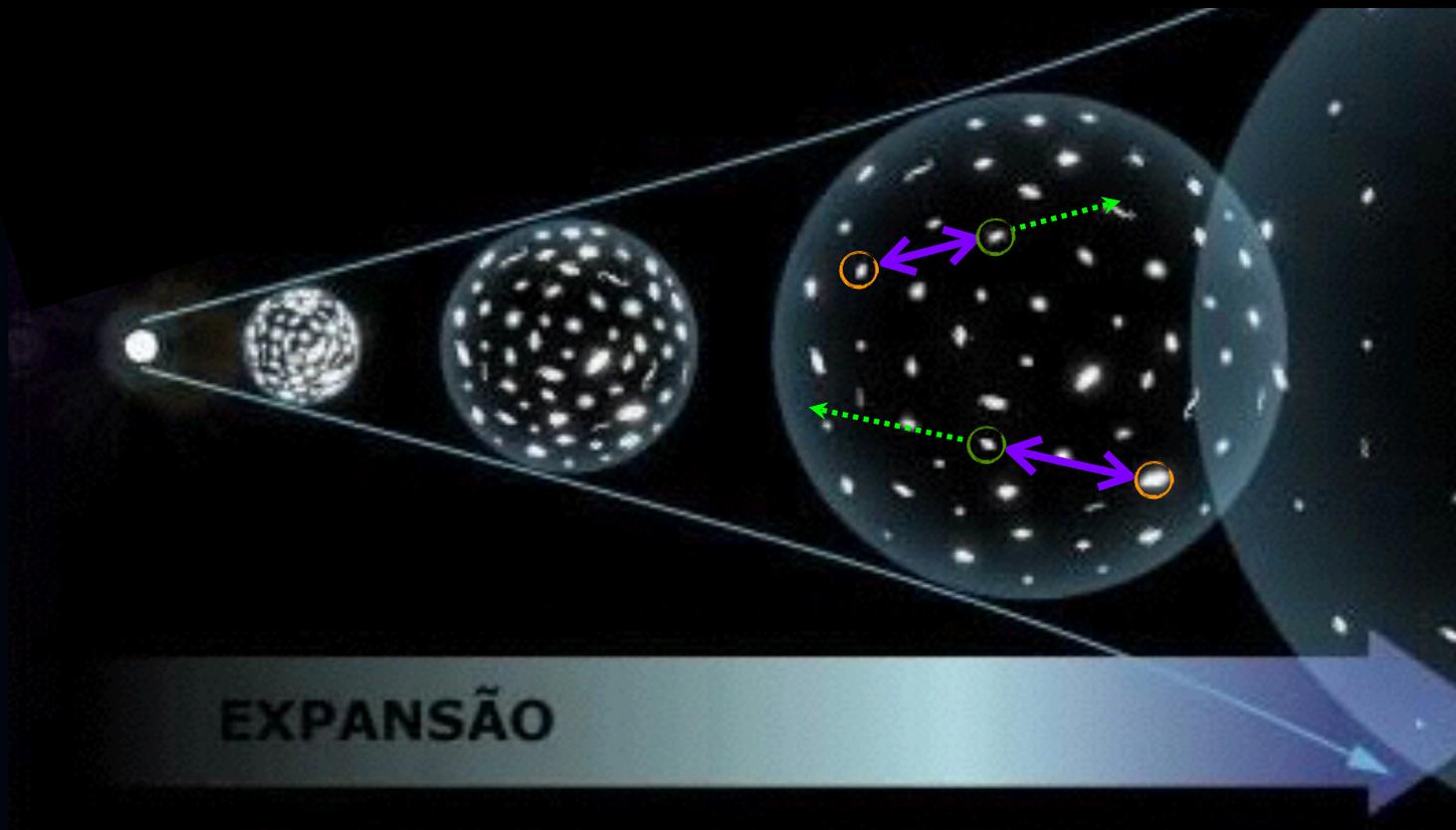
Mas como podemos entender algo tão estranho como a  
“expansão do universo”???

Simple! Só precisamos lembrar daquela aulinha de Física...

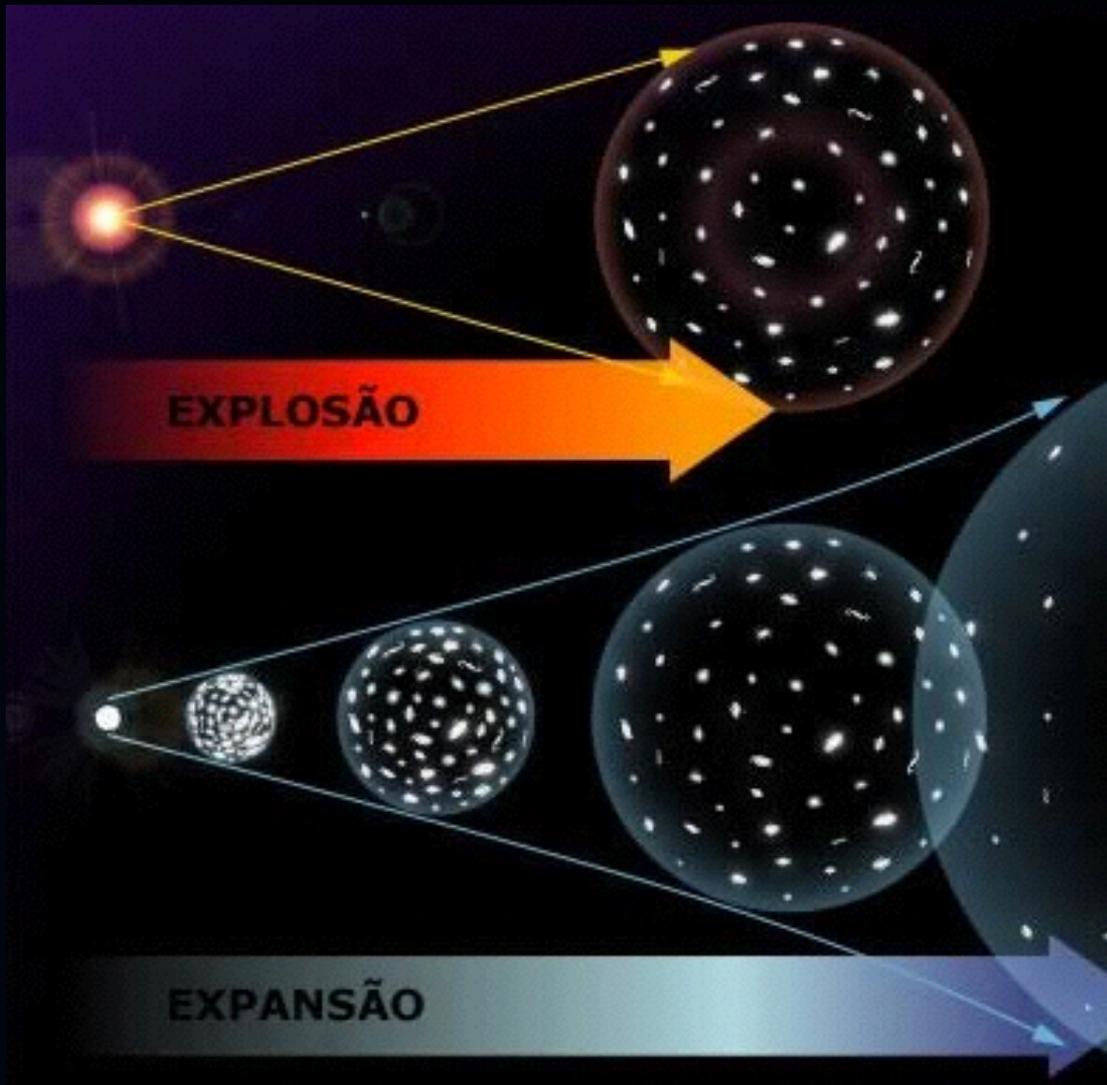
Na verdade é muito fácil  
- só precisamos usar um pouco  
a nossa imaginação...



- Vamos imaginar que somos todos formiguinhas, vivendo em cima de uma bexiga. Só que essa bexiga está **inflando**!
- À medida que inflamamos a bexiga, cada formiguinha se afasta uma da outra - mesmo que elas não estejam caminhando!

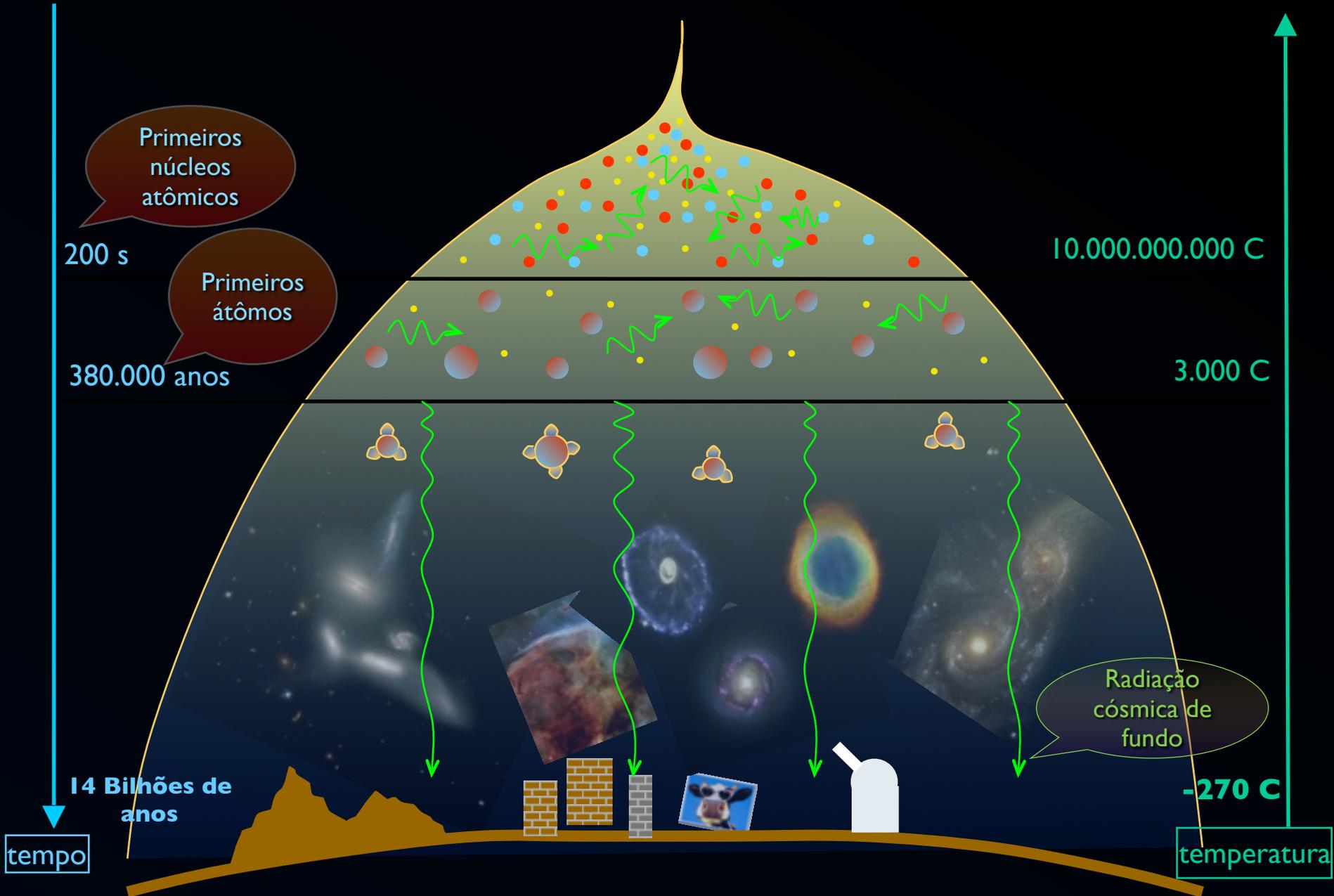


- “Rodando o filme para trás”, concluimos que o universo começou com uma **grande explosão, há 14 bilhões de anos**
- **BIG BANG!**

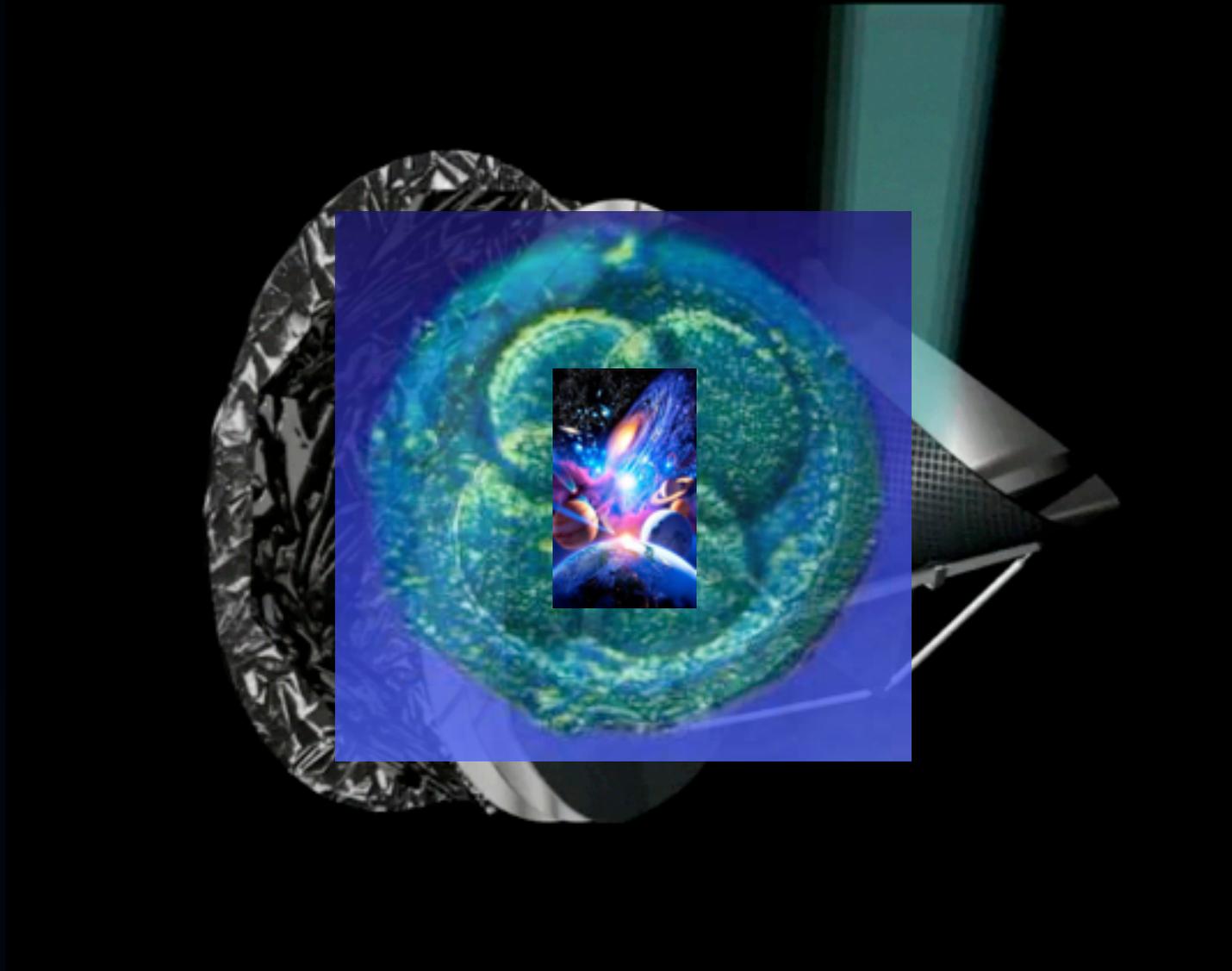


Isso é só uma **analogia** - até onde sabemos, o universo é **infinito!**

# Brevíssima história cósmica



Essa **radiação cósmica de fundo** já foi observada!



# Simulação do universo ao longo de 14 Bilhões de anos de evolução



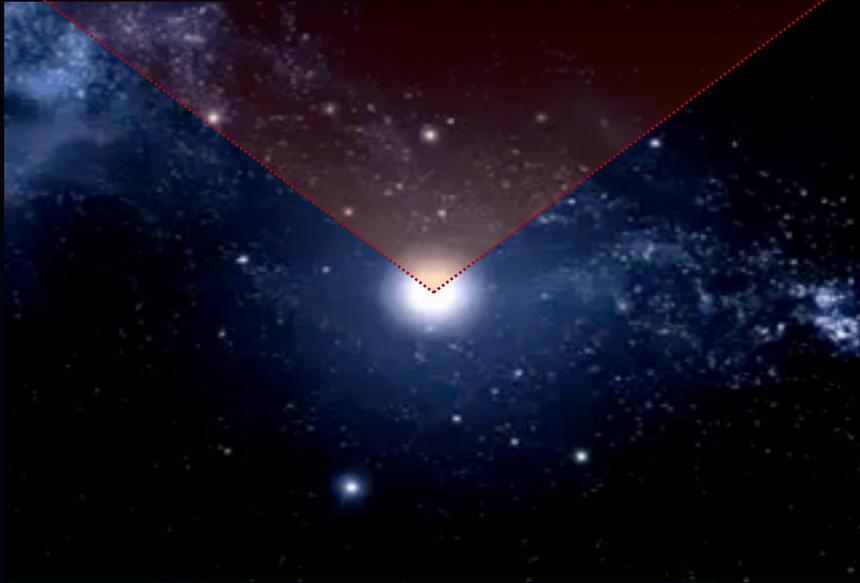
Time since the Big Bang: 10.8 billion years

ILLUSTRIS

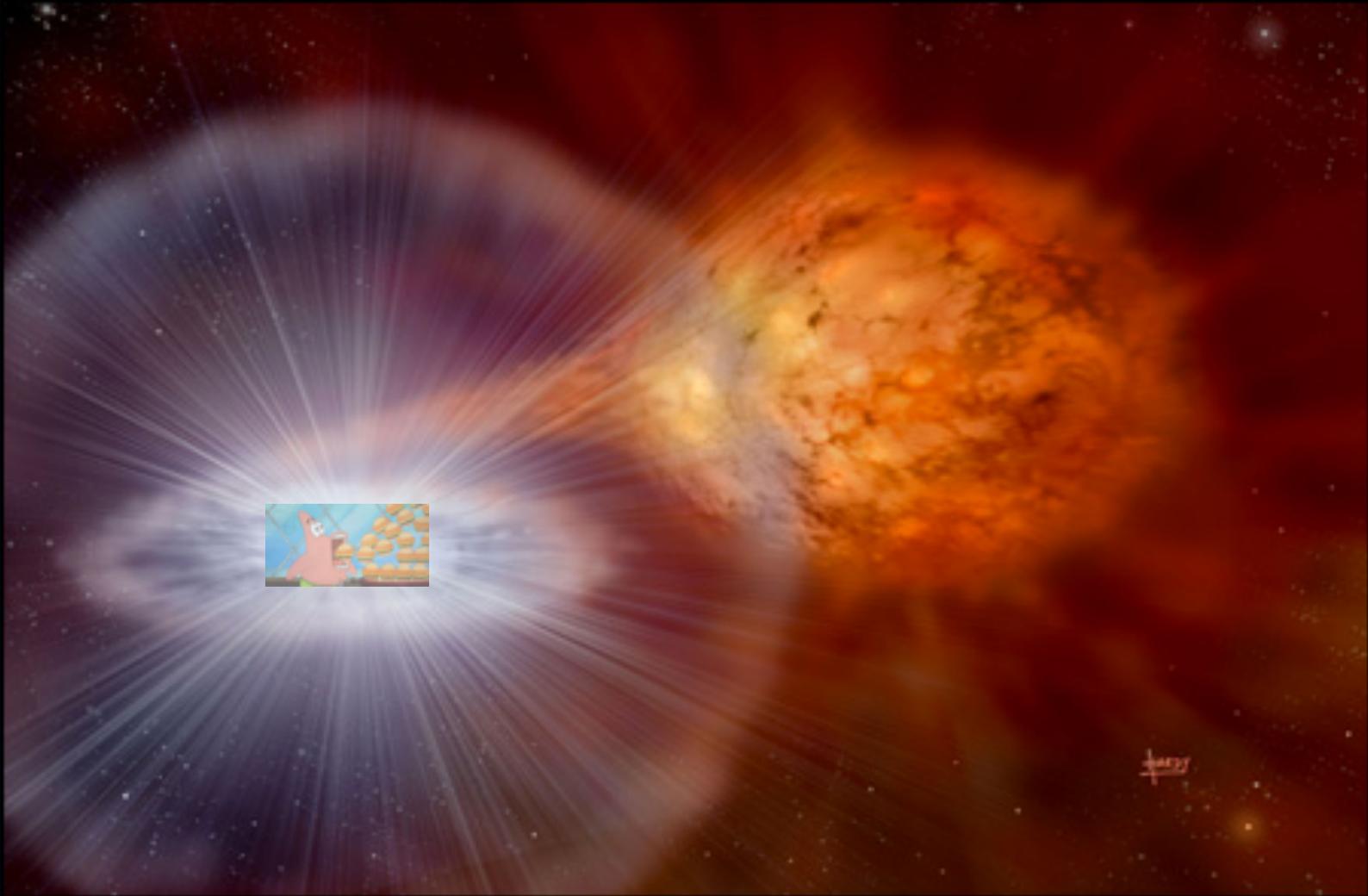


Todos os outros elementos foram **cozidos dentro das primeiras estrelas**, e depois foram **jogados no espaço** quando essas estrelas **explodiram**

Explosão de  
uma estrela  
“supernova”



Às vezes uma estrela engole matéria de uma outra  
estrela numa velocidade estonteante...



O resultado dessa gula toda pode ser desastroso:  
**Explosão! Supernova!!!**

A poeira ejetada no espaço pelas supernovas esfria e se condensa, formando uma nova geração de estrelas, planetas... — entre elas, a Terra e o Sol!



Ou seja.. somos pó de estrelas - **lixo estelar reciclado!**

Mas.. e o que sobra depois da explosão de uma supernova?

**Muitas vezes, um Buraco Negro !**

Um lugar onde a matéria é tão densa e pesada, e a força da gravidade é tão forte, que nada (nem a luz!) pode escapar

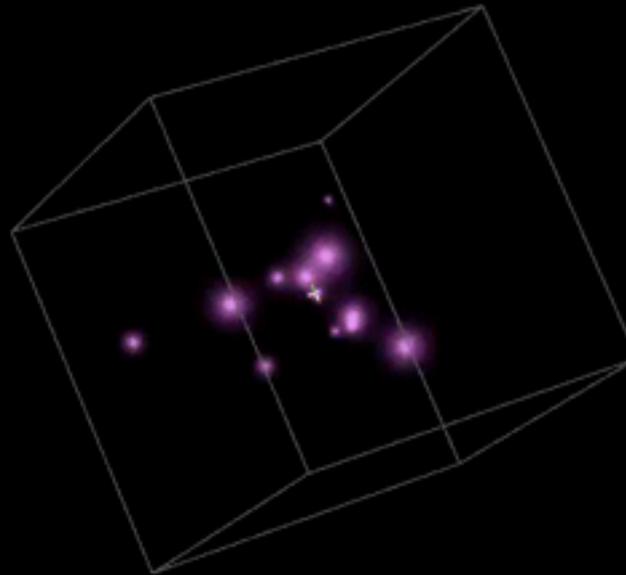


# Buracos negros existem...

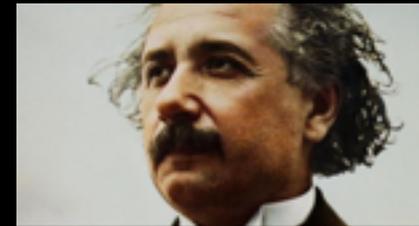
## E estão mais próximos do que você imagina!!!

Year: 1995.0

The Acceleration of Stars Orbiting  
the Milky Way's Central Black Hole



Data: Andrea Ghez, Jessica Lu (UCI/A)  
Visualization: Dinoj Surendran, Randy Landsberg,  
Mark SubbaRoo (UChicago / Adler / KICP)



UCLA/Keck Galactic Center Group

**Temos um mega buraco negro no centro da NOSSA galáxia!!!**

CENTRO DA VIA LÁCTEA  
*Sagitário*

Massa do “nosso”  
buraco negro:  
4 milhões de vezes  
a massa do Sol

30.000 anos-luz

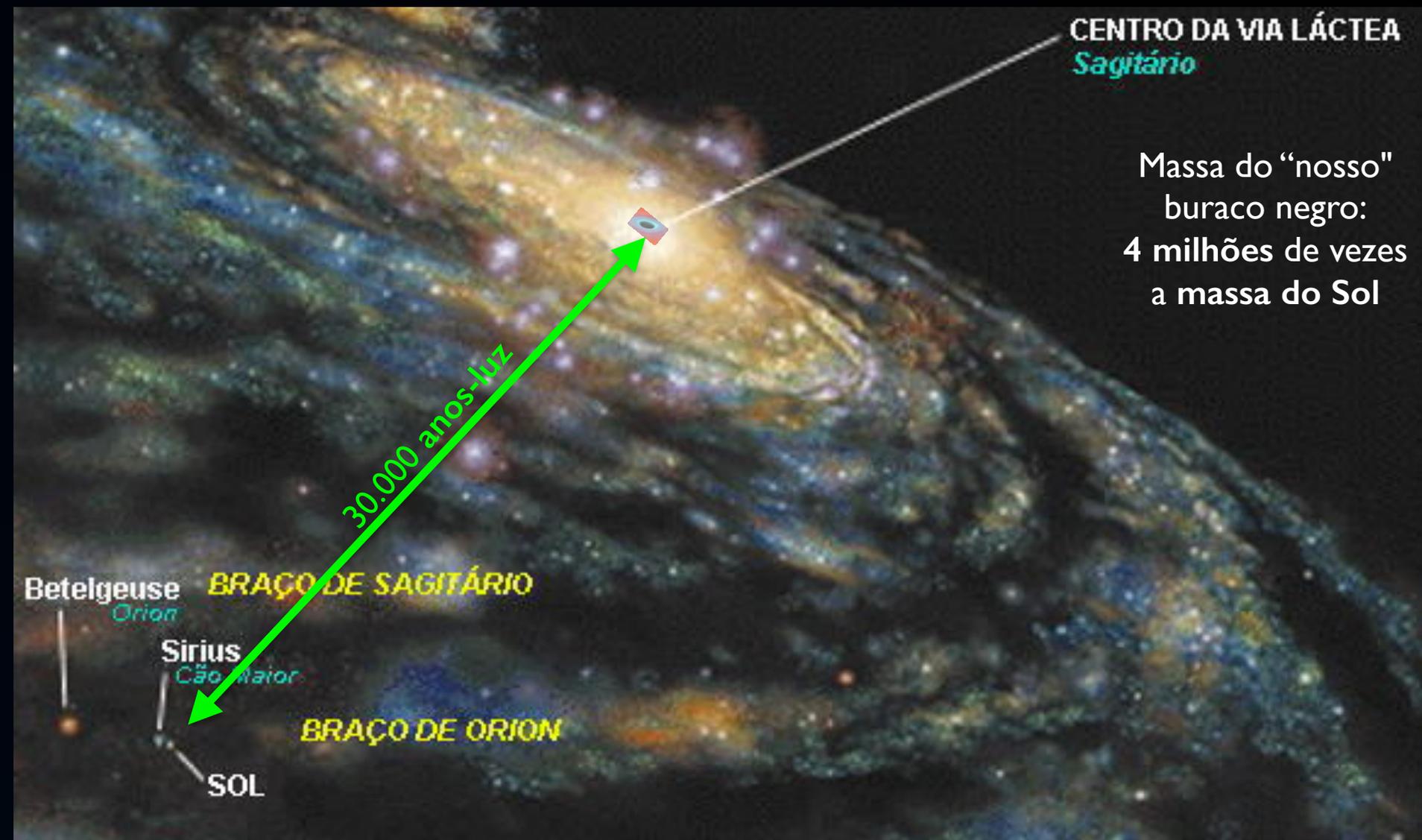
Betelgeuse  
*Orion*

**BRAÇO DE SAGITÁRIO**

Sirius  
*Cão Maior*

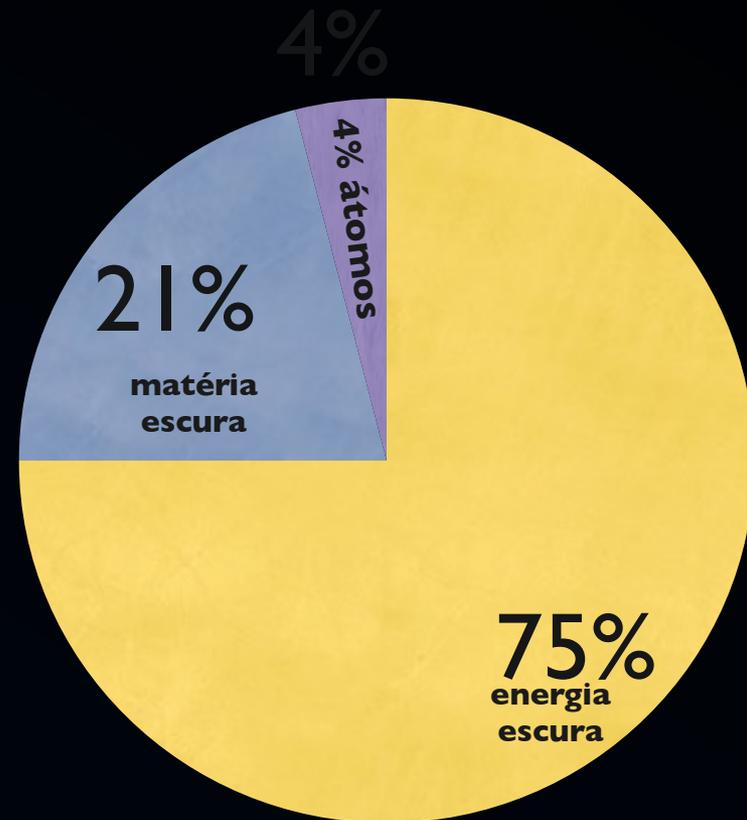
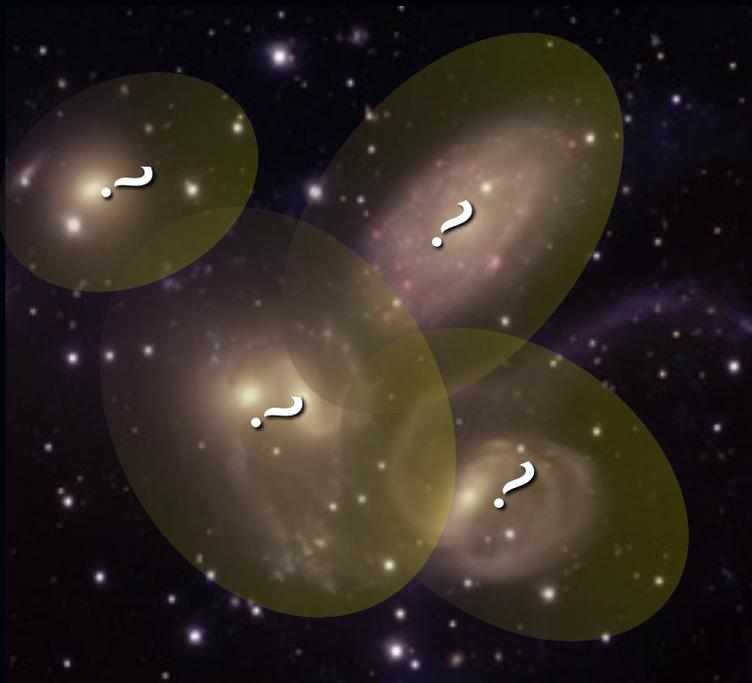
**BRAÇO DE ORION**

SOL



# Os grandes mistérios do universo: matéria escura e energia escura

- Hoje sabemos que os **átomos** em planetas, estrelas, galáxias etc., são uma **parte muito pequena** da matéria e energia do universo.
- A matéria e energia do cosmos está quase toda em duas substâncias misteriosas e **invisíveis**, que chamamos de **matéria escura** e **energia escura**



**Nós é que somos os "fantasmas" no nosso universo!**

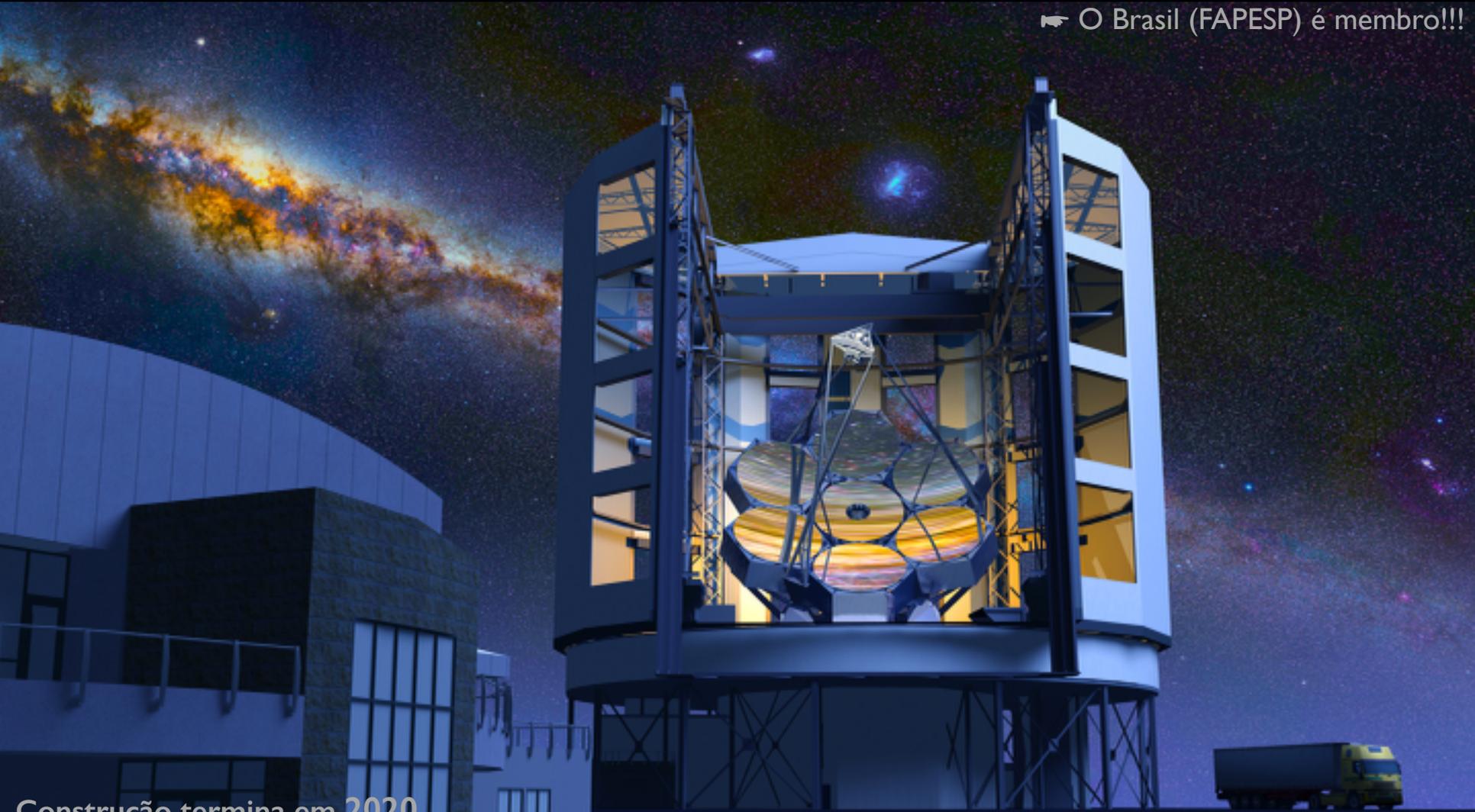


O universo é cheio de mistérios...

GMT

(Giant Magellan Telescope)

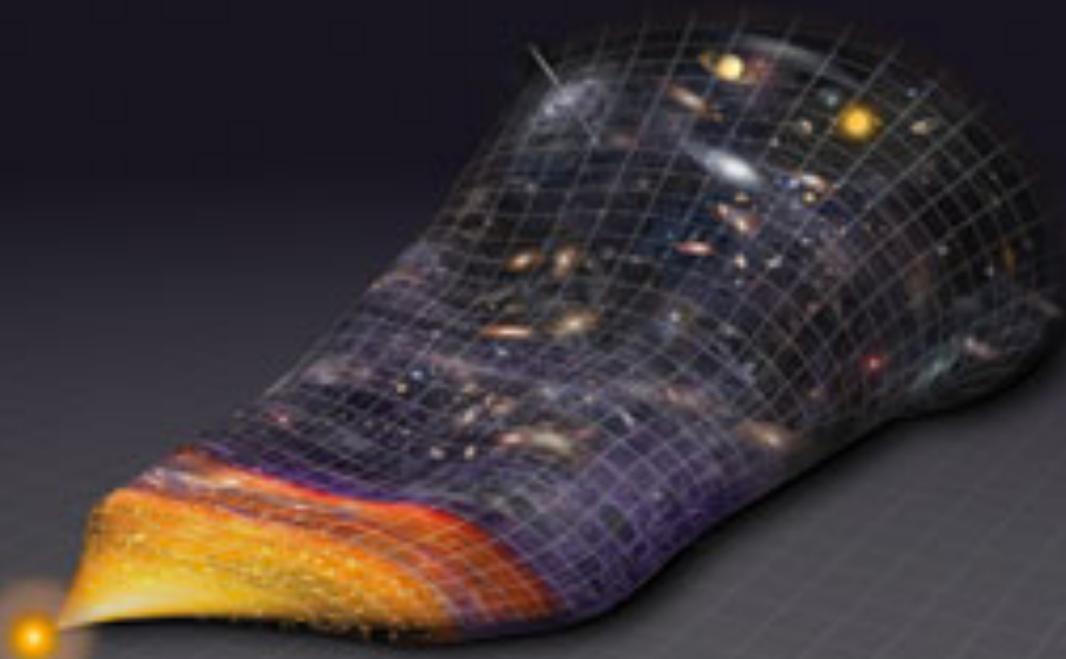
👉 O Brasil (FAPESP) é membro!!!



Construção termina em 2020

...quem não gostaria de explorar esses mistérios com esse “brinquedinho”?

Obrigado pela atenção!

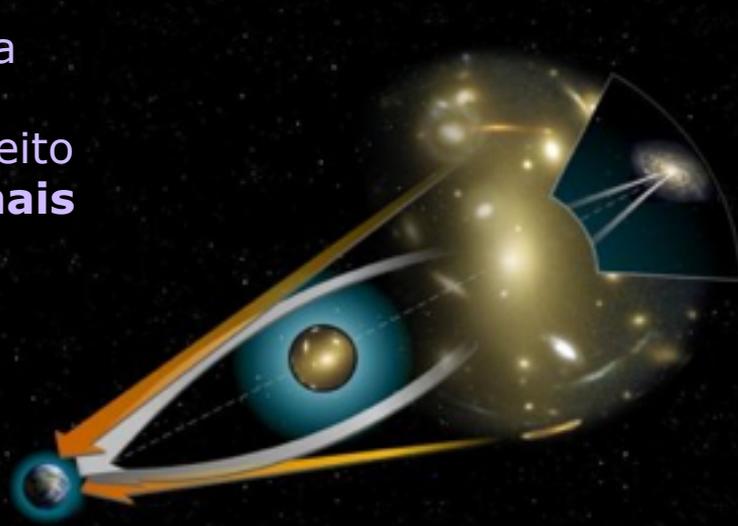


[abramo@if.usp.br](mailto:abramo@if.usp.br)

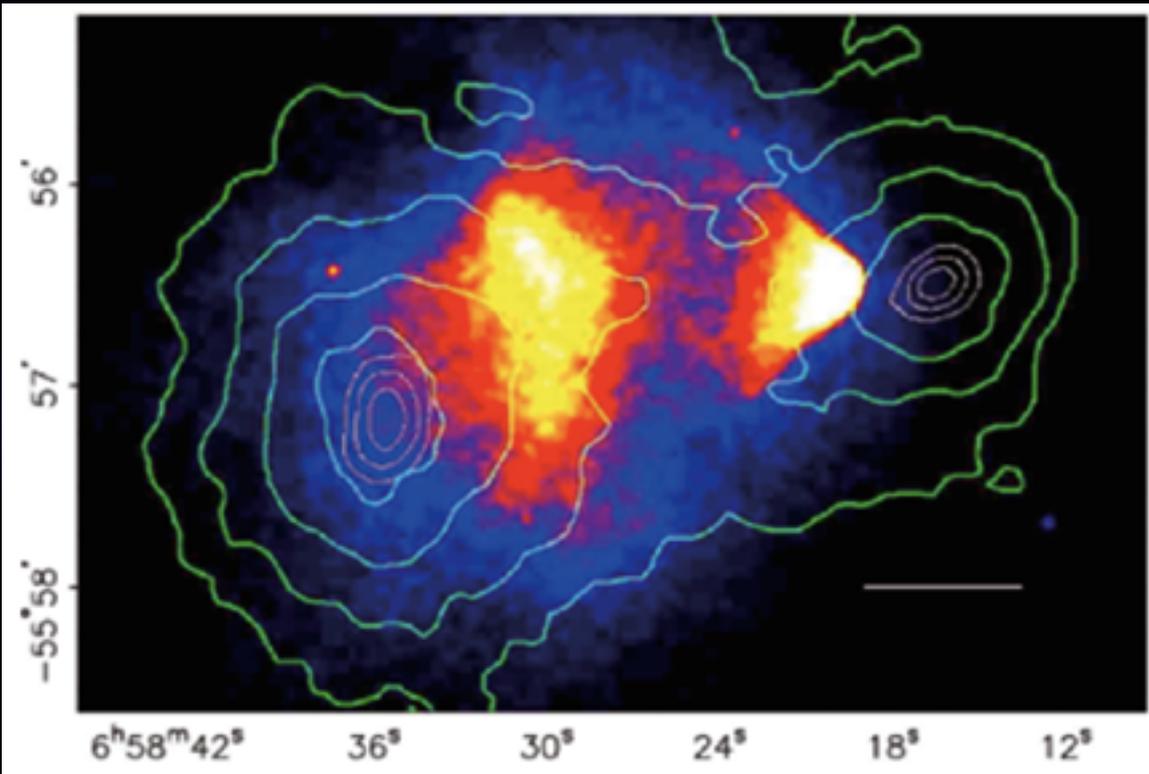


MATERIAL EXTRA

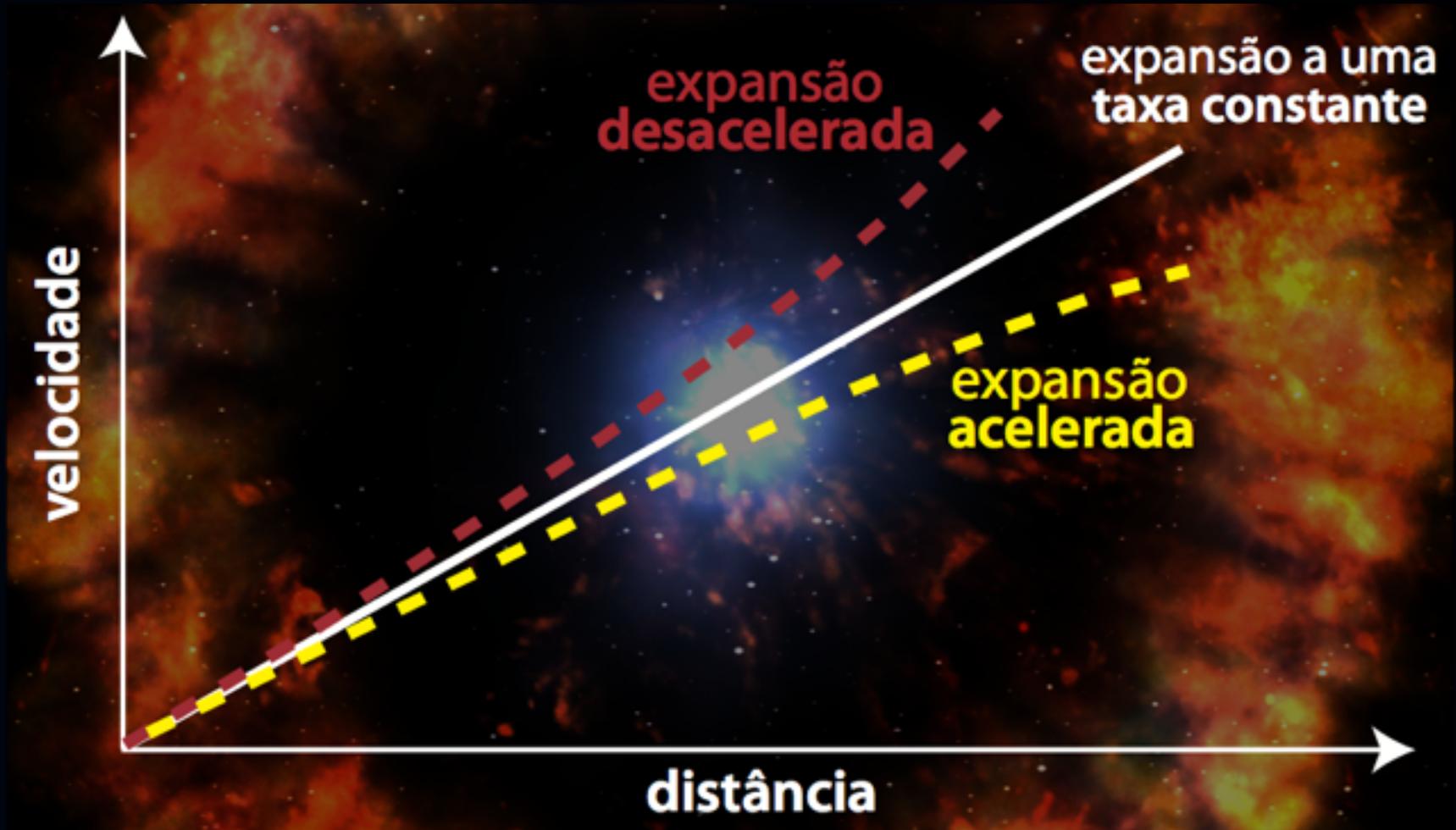
- O mistério da matéria escura finalmente foi resolvido, graças ao efeito de **lentes gravitacionais**



- **2006: Observação de um choque de 2 aglomerados de galáxias (*Bullet cluster*)**



# Outro grande mistério: o universo está acelerando!



- Medimos a aceleração observando estrelas Supernovas tipo Ia

# The Union Compilation of SNe Ia

— the world's data set so far

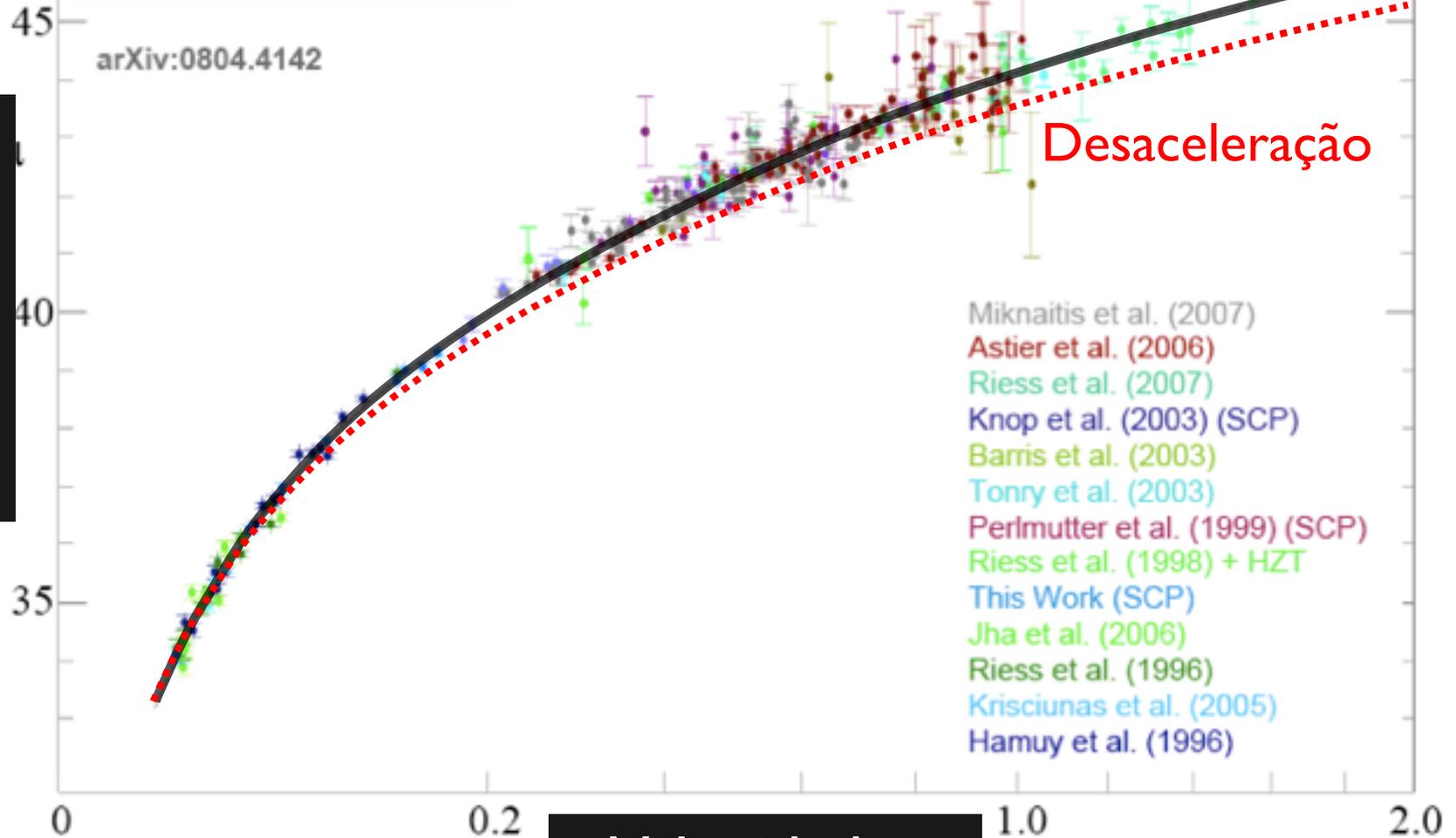
Supernova Cosmology Project  
Kowalski, et al., *Ap.J.* (2008)

arXiv:0804.4142

**Aceleração!**

Desaceleração

Distâncias

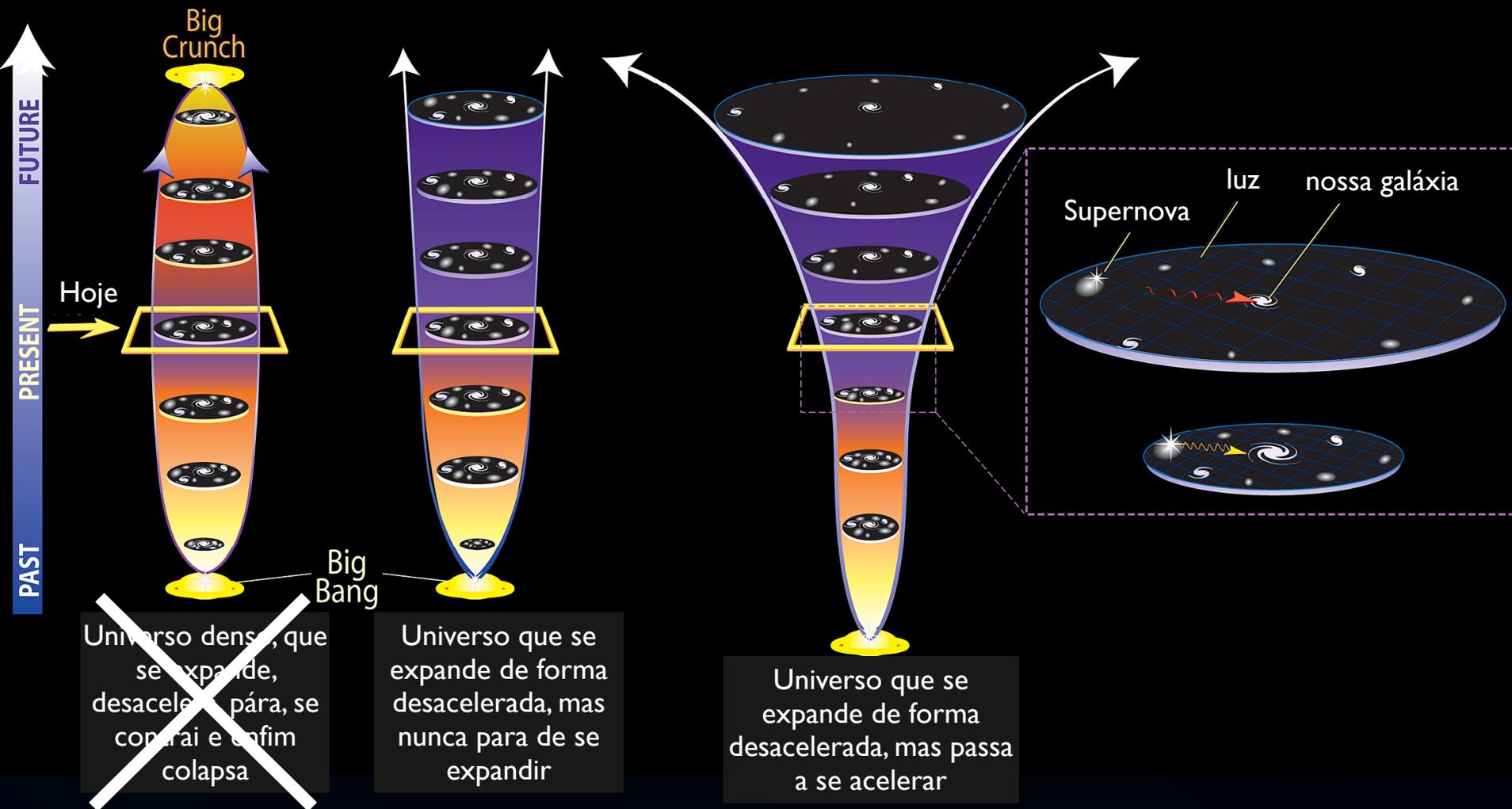


Velocidades

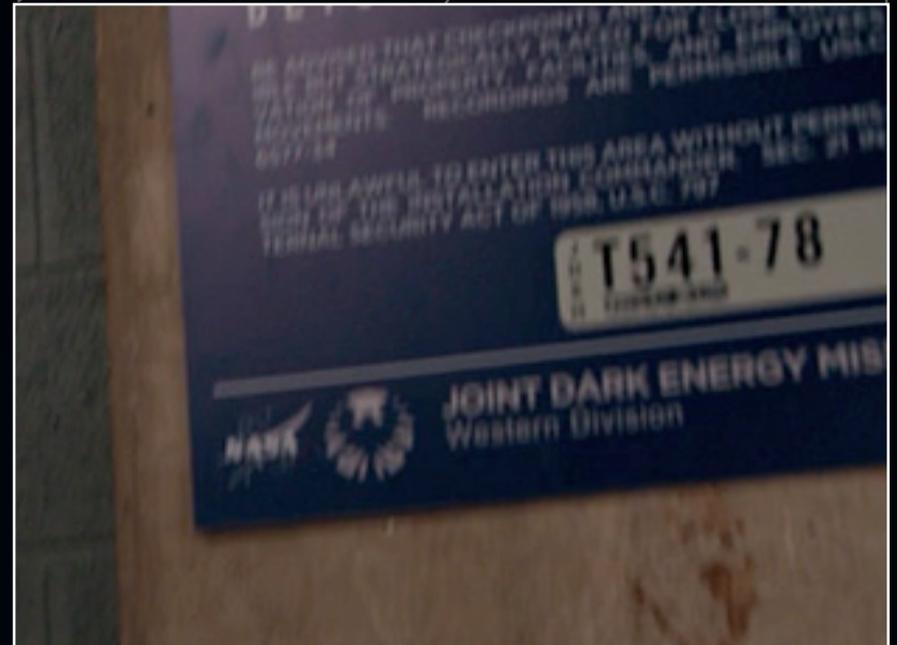
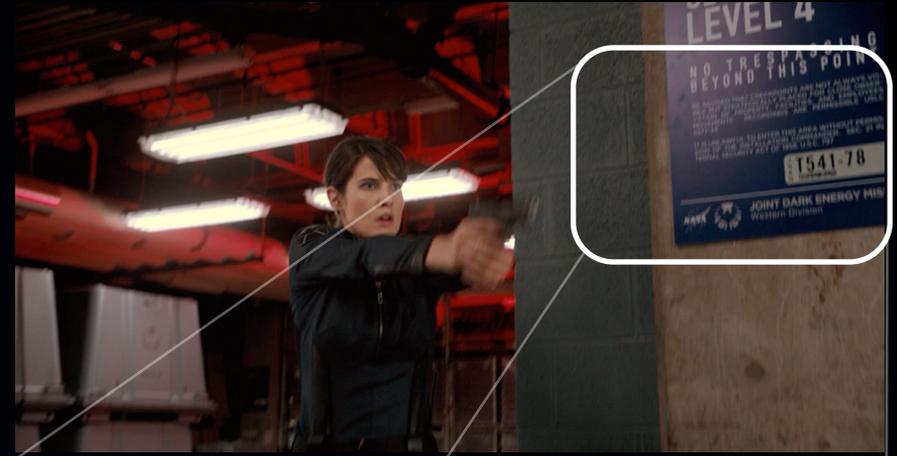
- O que está **causando** essa aceleração?

# Energia escura

## Modelos da expansão do universo



- Energia escura é apenas um nome para algo que não conhecemos direito - ela não é uma "fonte de energia"!!



# CV do universo:

• Idade do universo:

$T_0 = 14.3$  Bilhões de anos

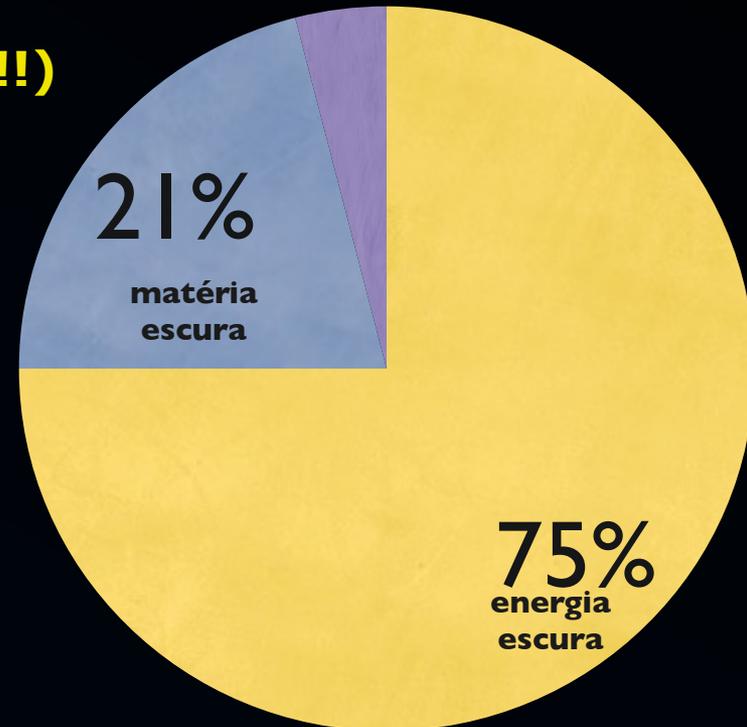
• Densidade:  
1 átomo H/m<sup>3</sup>

$\rho_0 = 10^{-28} \text{ g cm}^{-3} \approx \sim$

• Expansão do universo:

25 Km/s p/ cada 1 milhão de anos-luz

• Matéria "normal" (átomos): 4% (!!!)



Só conseguimos  
"enxergar" < 5% de  
tudo que há no  
universo!!!