

AGA 0101

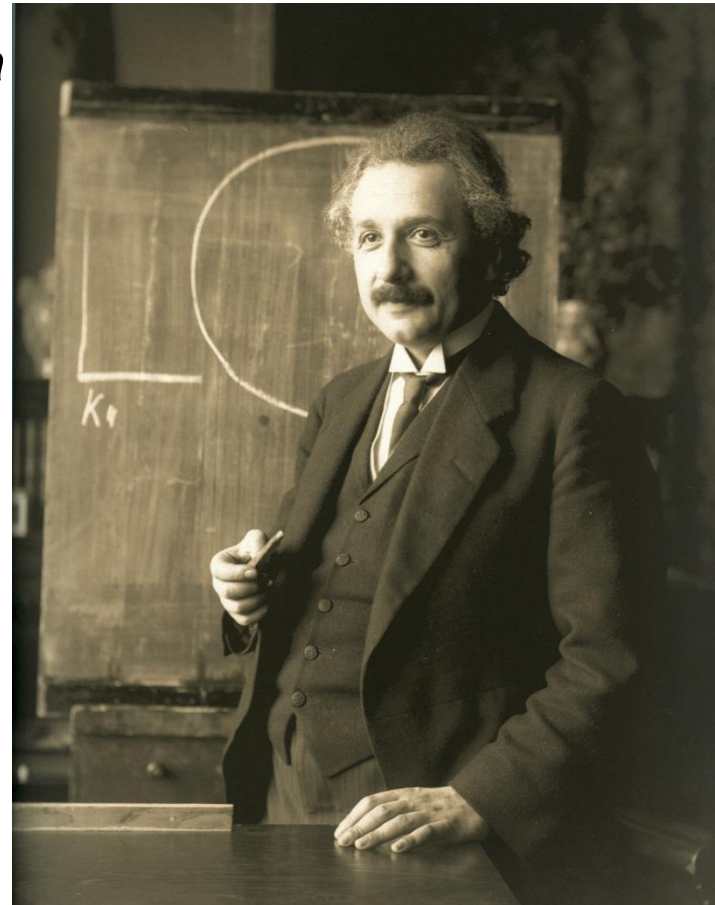
1.5 O universo em expansão: A Lei de Hubble

Em 1915 o universo (contido na Via Láctea) parecia estático

Einstein decidiu que deveria existir uma constante cosmológica, Λ , para contrabalançar a gravidade e impedir o universo de colapsar.

A estrutura e dimensão da Via Láctea só seria estabelecida por Shapley em 1917.

A descoberta de que Andrômeda é uma Galáxia independente só foi publicada por Hubble em 1924.





Em 1929 Hubble mostra que o
universo está em expansão

Communications from the Mount Wilson Observatory, to the
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, No. 105.

Reprinted from the Proceedings of the NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES,
Vol. 15, No. 3, pp. 163-173. March, 1929.

*A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY
AMONG EXTRA-GALACTIC NEBULAE*

BY EDWIN HUBBLE

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

Communicated January 17, 1929

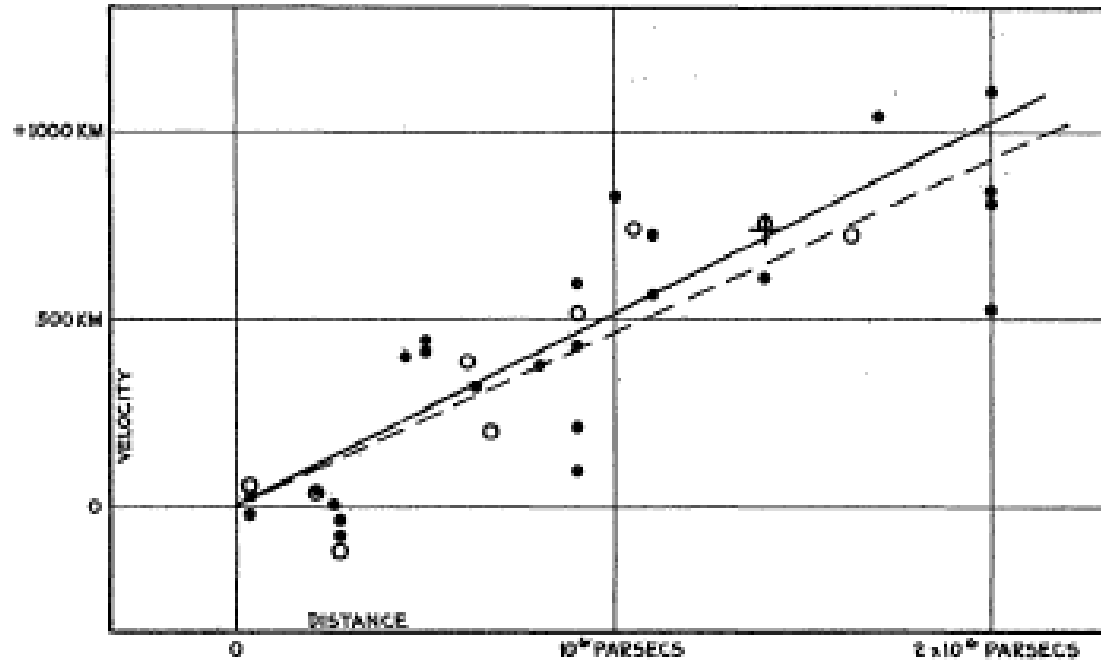
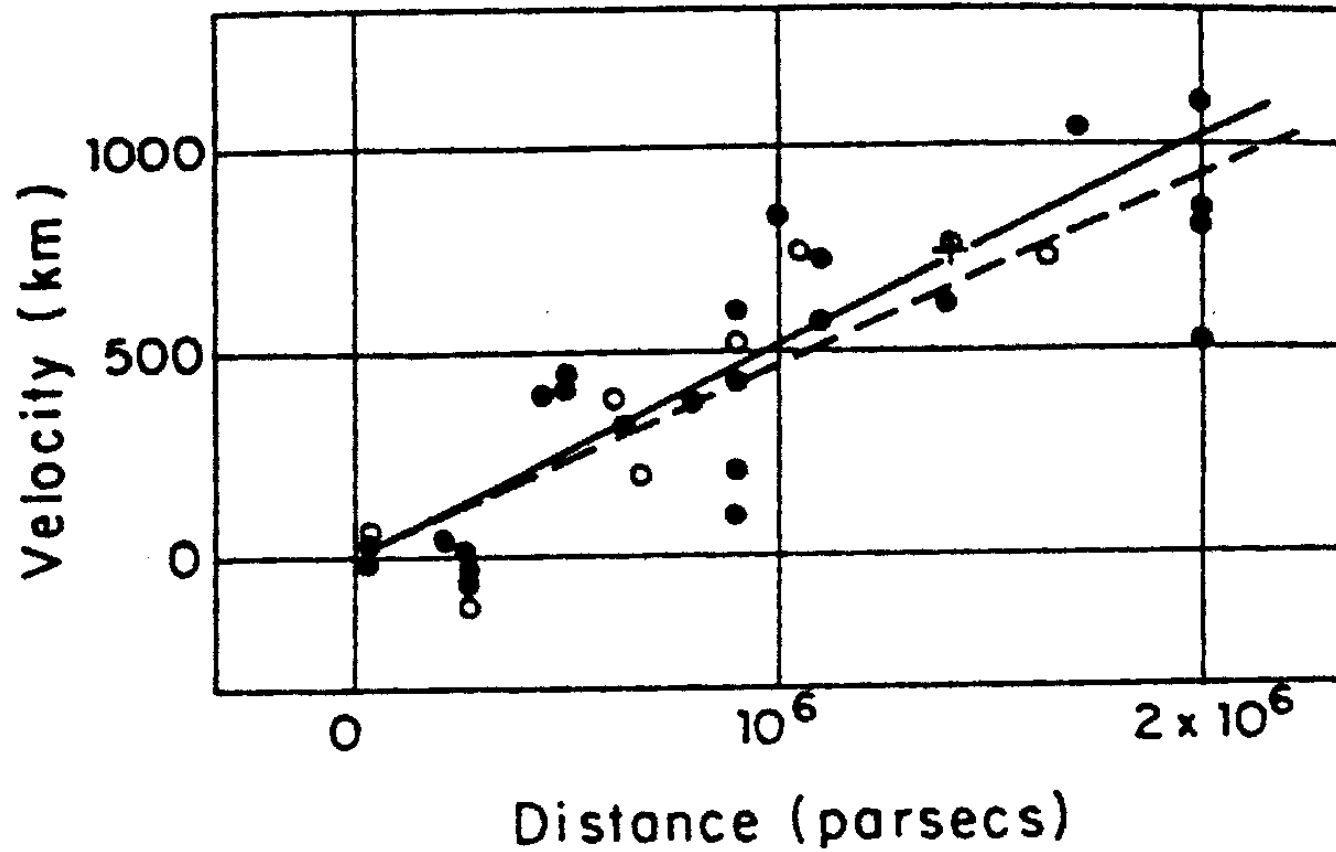


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

Radial velocities, corrected for solar motion, are plotted against distances estimated from involved stars and mean luminosities of nebulae in a cluster. The black discs and full line represent the solution for solar motion using the nebulae individually; the circles and broken line represent the solution combining the nebulae into groups; the cross represents the mean velocity corresponding to the mean distance of 22 nebulae whose distances could not be estimated individually.

O diagrama de Hubble



Lei de Hubble

(Lemaitre e Robertson também merecem crédito!)

- $v = H_0 d$ *Lei de Hubble*
- $\Delta\lambda/\lambda = v/c = z$ *Efeito Doppler; z é o “redshift”*
- $H_0 = 465 \pm 50 \text{ km/s/Mpc}$ *Constante de Hubble em 1929*

- *A idade do universo:*
 $T = 1/H_0$ *2.1 bilhões de anos (em 1929)*

- *A controvérsia da idade da Terra: de 3 a 4 bilhões de anos.*
- *A Via Láctea é a maior de todas as galáxias. Algo errado? (Oort)*

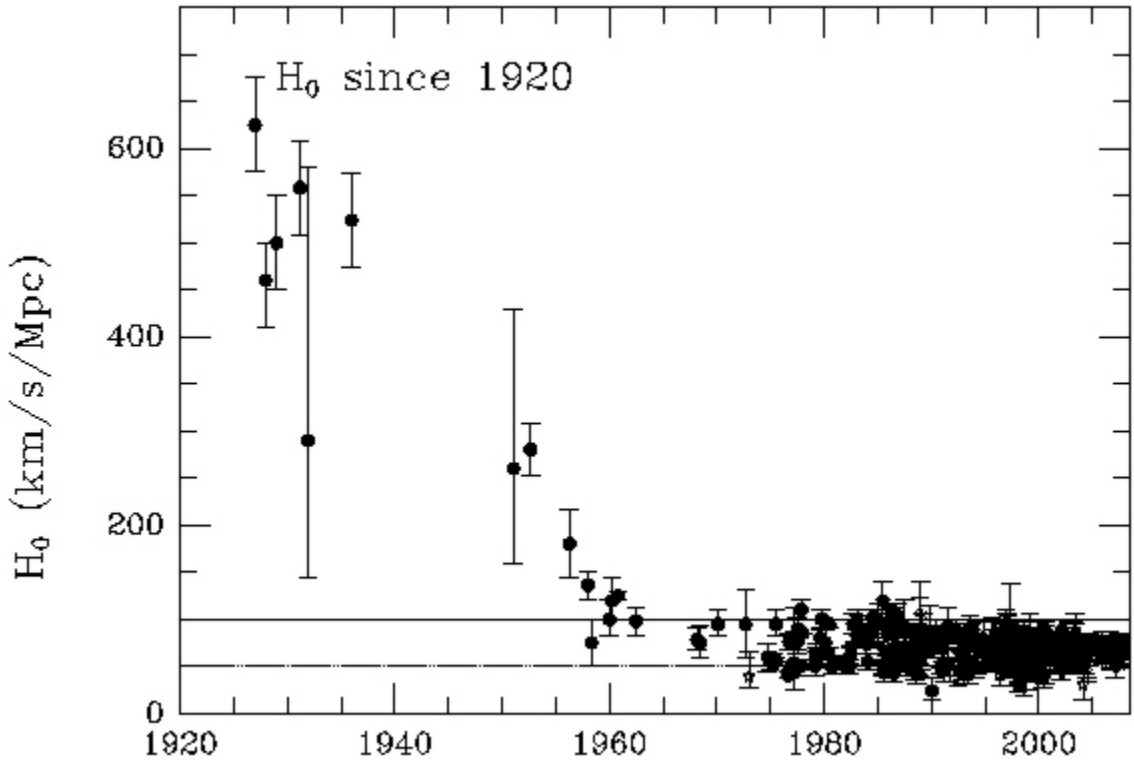
A descoberta das populações I e II

- Walter Baade (1952):
- As cefeidas vem em duas categorias
 - Cefeidas clássicas (População I)
 - W Virginis (População II)
- Com isso, a constante de Hubble caiu pela metade; o universo dobrou de tamanho e de idade.
- O problema da “idade da Terra” parecia resolvido

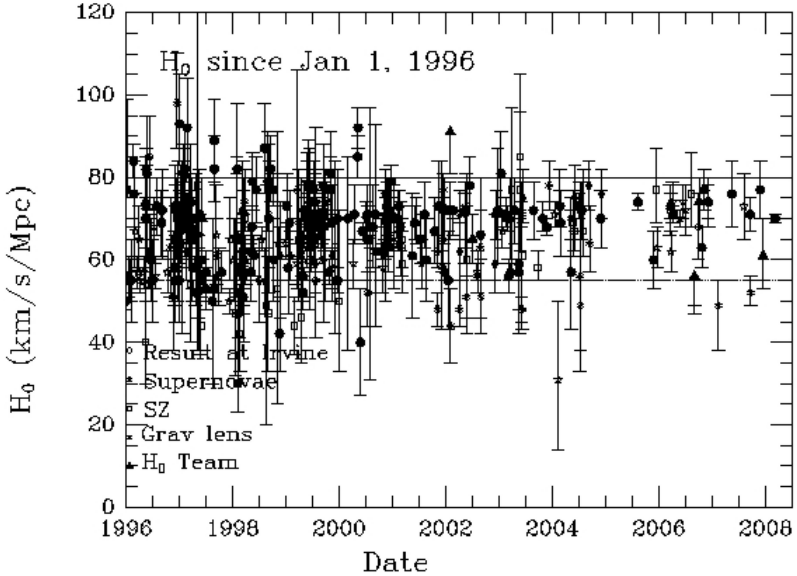


- Entre 1970 e 2000 o conflito da constante de Hubble oscilou entre $H_0 = 55$ e 100 km/s.
- Para $H_0=100$, a idade do universo seria de 10 bilhões de anos, incompatível com os 16-18 bilhões de anos atribuídos a alguns aglomerados globulares de estrelas.

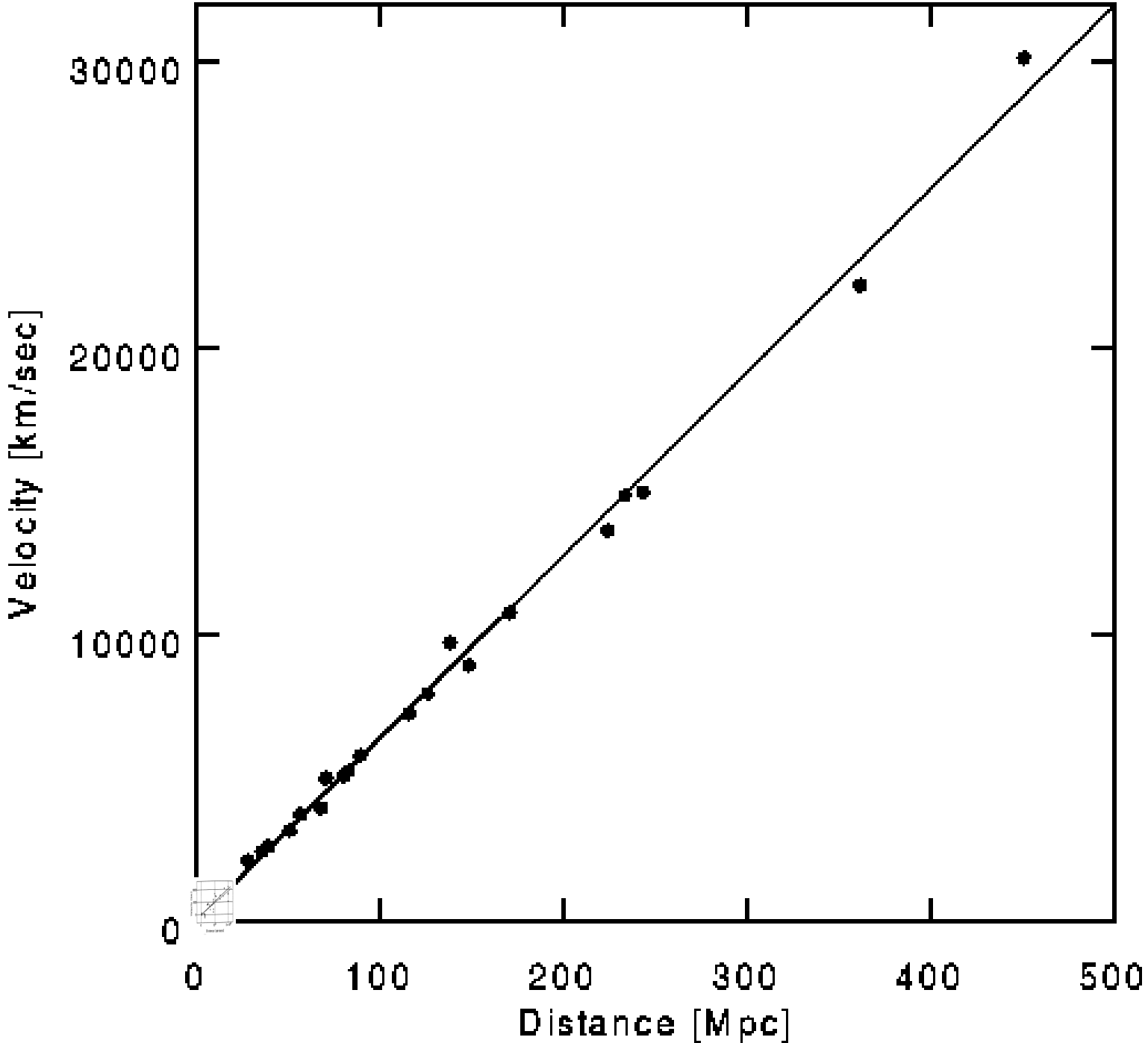
A medida da constante de Hubble decresceu sistematicamente entre 1929 e 1970



HST “key project” (2001):
 $H_0 = 72 \pm 8$ km/s



O diagrama de Hubble



Medidas recentes feitas por satélites

- $H_0 = 71.0 \pm 2.5$ km/s WMAP (2009)
- $H_0 = 71.3 \pm 2.0$ km/s Planck (2013)

- Isso implica em $T = 13.8$ bilhões de anos
- Os aglomerados globulares de estrelas mais velhos parecem ter 12.5 bilhões de anos.