À Descoberta do Universo

Conceitos, equações e evolução do Universo

Cristina Gregores
Daniel Moreira
Filipe Ferreira
Francisco Almeida
Paula Teixeira

Monitor: Arlindo Trindade

VIII Escola de Verão de Física da Universidade do Porto Júnior

Sumário

→ Princípio Cosmológico;
→ Expansão do Universo;
→ Significado da Expansão;
→ Dinâmica do Universo;
→ Geometria do Universo;
→ O destino final do Universo;
→ A inconsistência da Idade do Universo;
→ Constante cosmológica e modelo standard;
→ Supernovas Ia.

Princípio Cosmológico

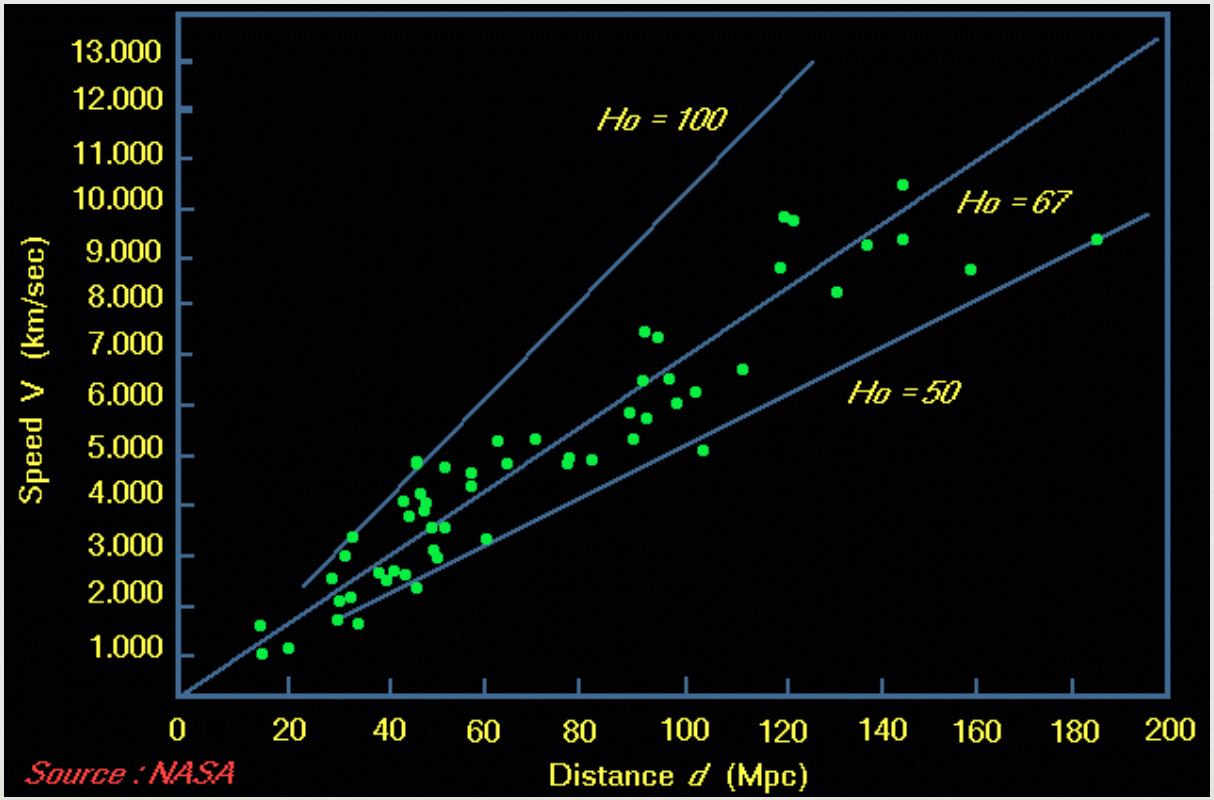
- A **cosmologia** é o ramo da Física que estuda o Universo, cujo pilar fundamental é o **Princípio Cosmológico**.

- O **Princípio Cosmológico** assume que o Universo é espacialmente homogéneo e isotrópico, em larga escala.

Expansão do Universo

- Hubble descobriu a expansão do Universo ao verificar que a maior parte das galáxias apresentavam um desvio para o vermelho no seu espectro.

$$v = Hr$$

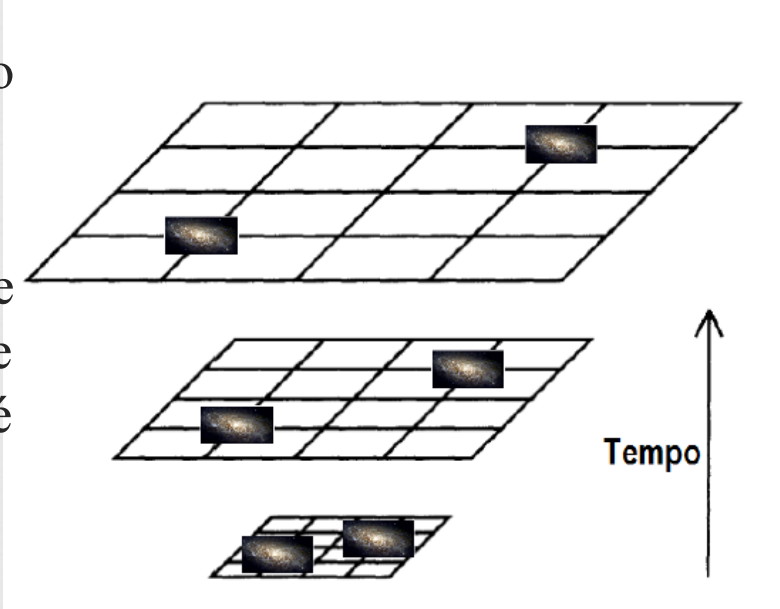


Significado da Expansão

- O espaço aumenta, arrastando consigo os objetos que ele contem.

- Apenas a distribuição homogénea e isotrópica de matéria e energia que obedece ao Princípio Cosmológico é que sofre os efeitos da expansão.

- O fator de escala a(t) quantifica o quanto as coordenadas físicas mudam em relação às coordenadas comóveis.



Dinâmica do Universo

- Equação de Friedmann:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H^2 = H_0^2\left[\Omega_{r_0} a^{-4} + \Omega_{m_0} a^{-3} + \left(1 - \Omega_{r_0} - \Omega_{m_0}\right) a^{-2}\right]$$

- radiação
- matéria
- geometria

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}$$ → Densidade de energia crítica.

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_c}$$ → Densidade fracional de energia.

Geometria do Universo

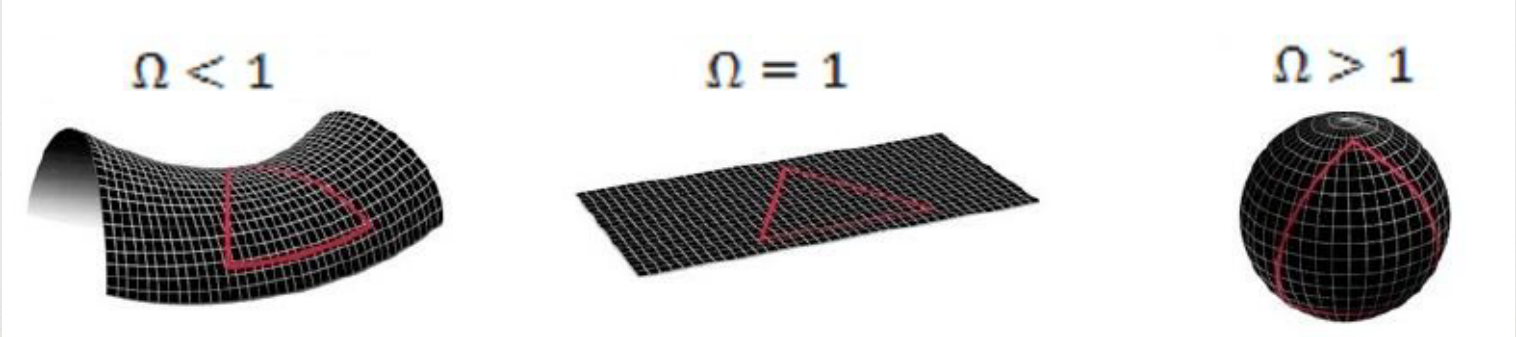
- A quantidade de energia determina a curvatura do espaço.

$$\Omega = \Omega r0 + \Omega m0$$

$\Omega < 1$ → A geometria é hiperbólica.

$\Omega = 1$ → A geometria é plana.

$\Omega > 1$ → A geometria é esférica.



O destino final do Universo

<u>Universo 1</u> (hiperbólico):

$\Omega r0 = 0.0$

$\Omega m0 = 0.5$

$\Omega < 1.0$

<u>Universo 2</u> (esférico):

$\Omega r0 = 0.0$

$\Omega m0 = 2.0$

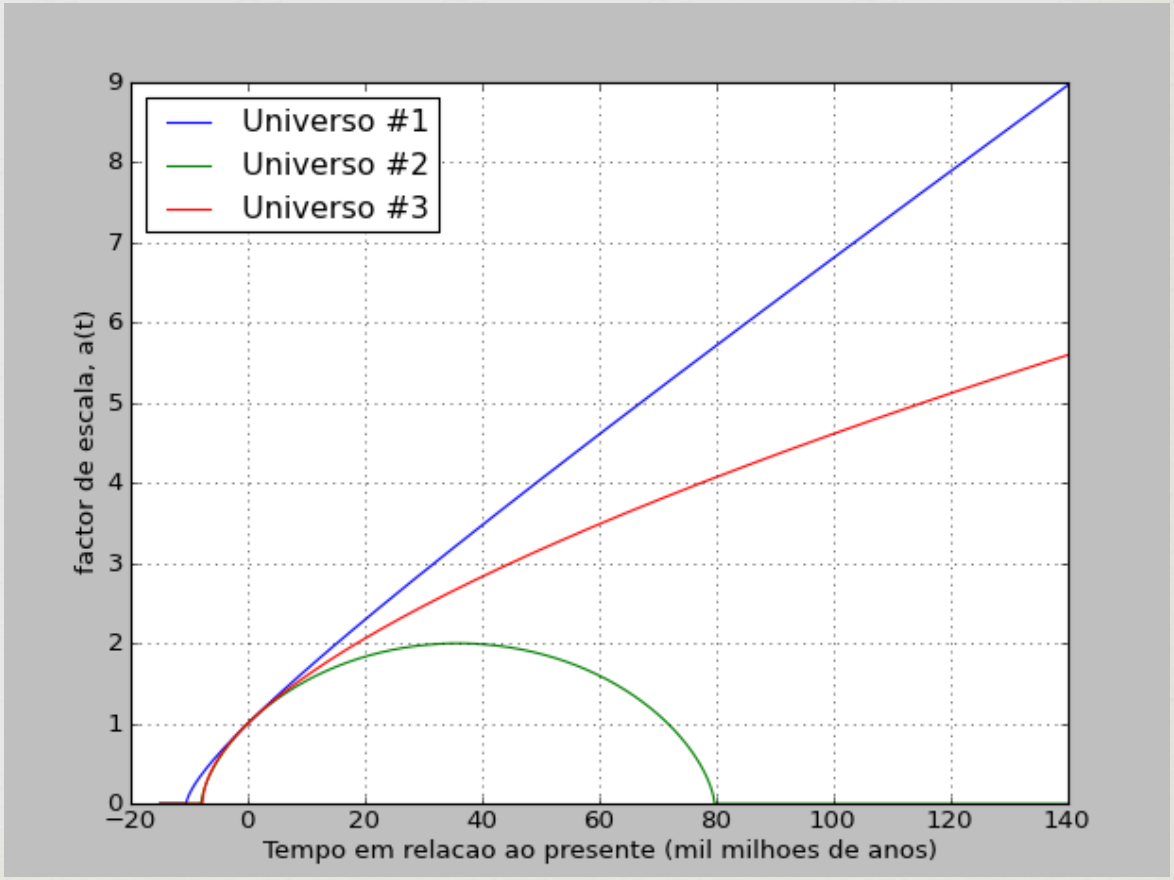
$\Omega > 1.0$

<u>Universo 3</u> (plano):

$\Omega r0 = 0.5$

$\Omega m0 = 0.5$

$\Omega = 1.0$

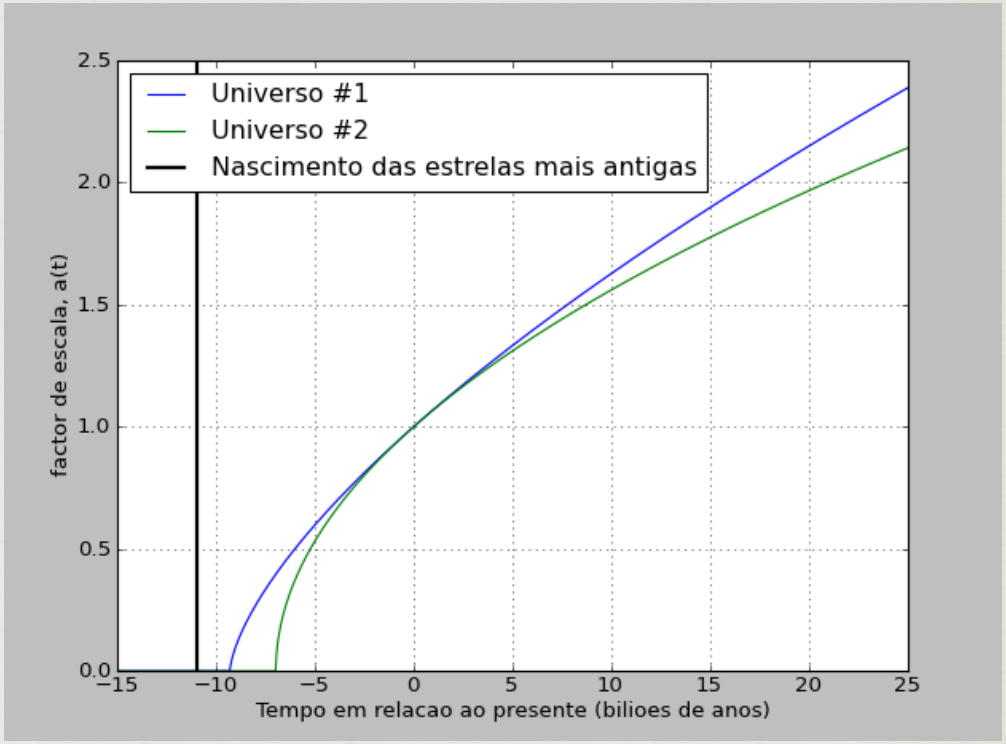


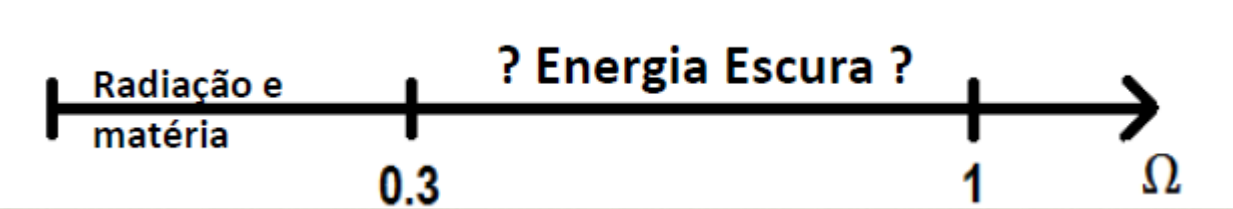
Inconsistência da Idade do Universo

- As observações do Universo dizem que o Universo é plano.
- As estrelas mais antigas que se conhecem têm 11 mil milhões de anos de idade.
- Um Universo com radiação e com matéria só tem idade superior a 11 mil milhões de anos se:

$$\Omega \lesssim 0.3$$

- Concluindo, há energia em falta!





Constante cosmológica e modelo standard

- A constante cosmológica de Einstein é o candidato mais famoso à energia escura.

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H^2 = H_0^2\left[\Omega_{r_0} a^{-4} + \Omega_{m_0} a^{-3} + \Omega_{\Lambda_0} + \left(1 - \Omega_{r_0} - \Omega_{m_0} - \Omega_{\Lambda_0}\right) a^{-2}\right]$$

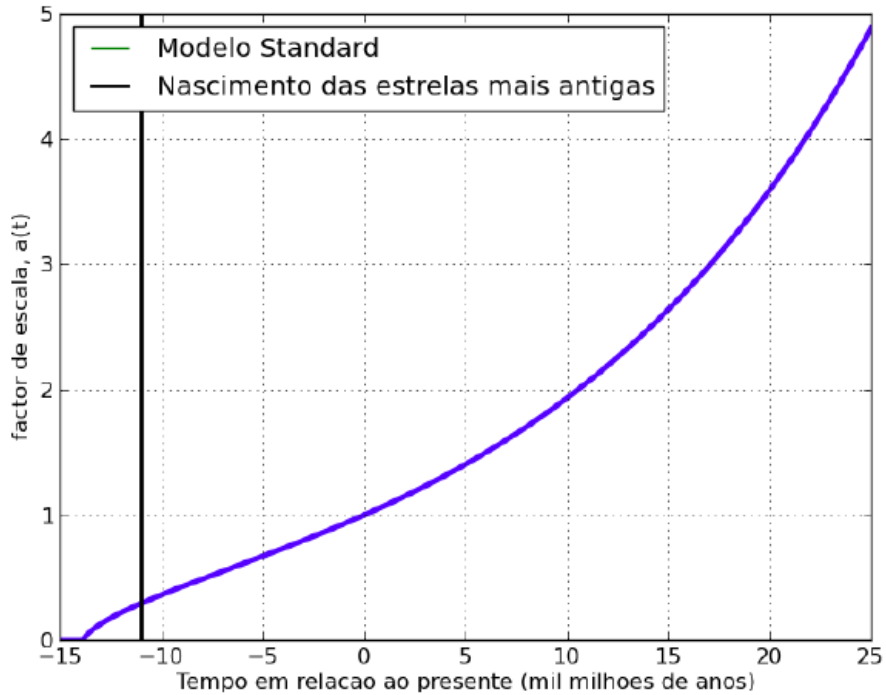
- Modelo Standard:

$$\Omega_{r_0} \approx 0.00008$$

$$\Omega_{m_0} \approx 0.27$$

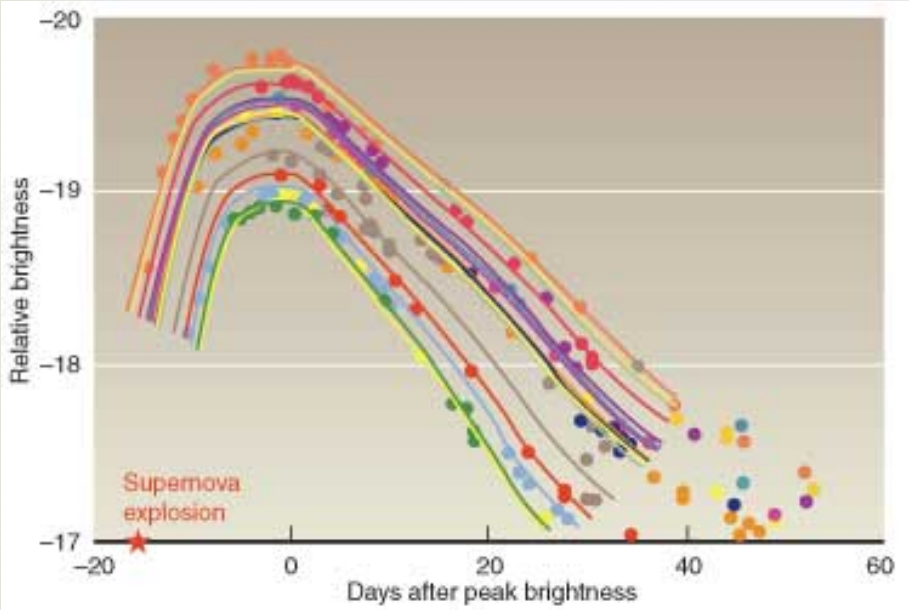
$$\Omega_{\Lambda_0} \approx 0.73$$

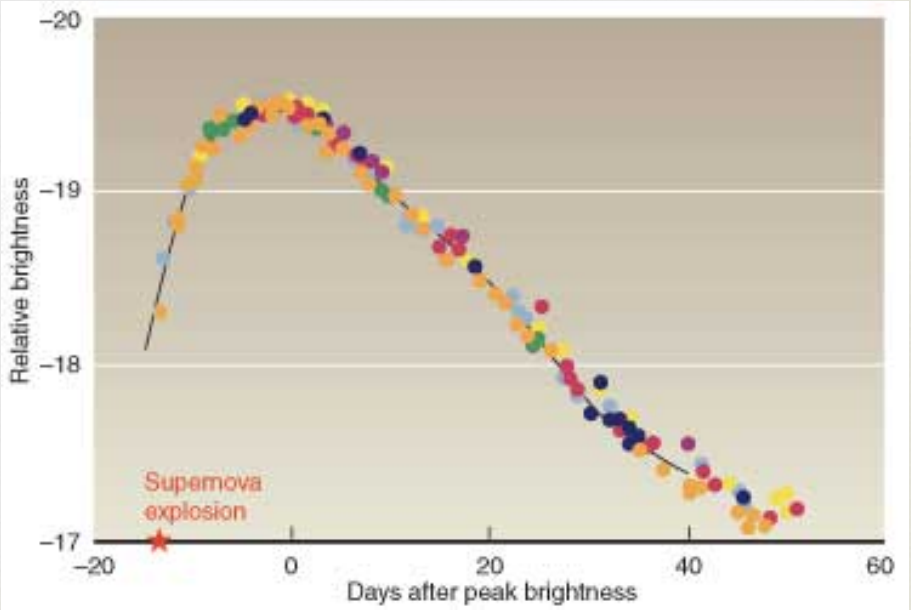
$$H_0 \approx 70{,}4\ km\ s^{-1} Mpc^{-1}$$

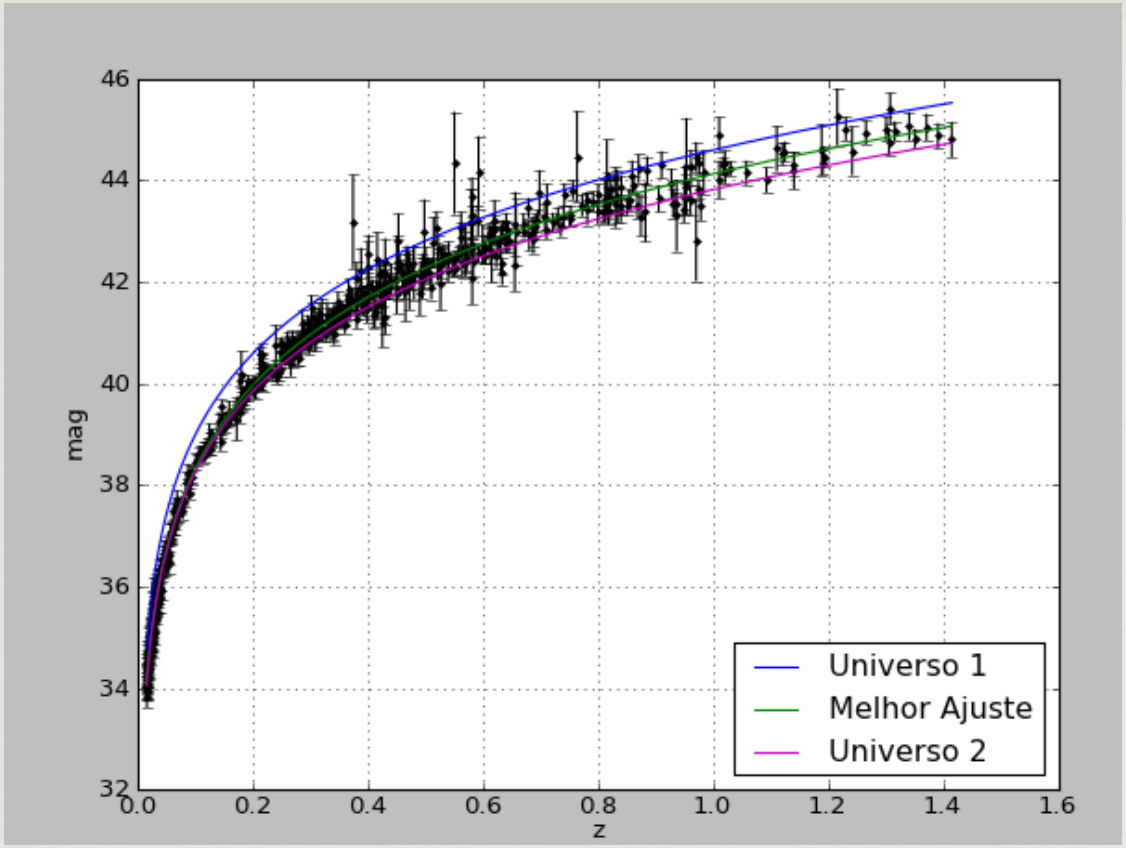


Supernovas Ia

- As supernovas Ia são consideradas “velas-padrão”.
- Estas têm grande utilidade para o estudo do Universo: permitem estimar diferentes características do mesmo.







$$mag = 25 + 5 \log_{10} (d)$$

d = distância da Supernova: depende H0, Ωr0, Ωm0, Ωx…

Usando dados observacionais de SNIa estimamos os parâmetros cosmológicos que melhor ajustam os dados.

Parâmetro de Hubble H0=70.004893 Km/s/Mpc
Idade do Universo=13.708507 mil milhões de anos
Densidade relativa de matéria=0.276605
Densidade relativa de radiação=0.000815
Densidade relativa de energia escura=0.723395

http://arxiv.org/abs/1001.4538

Agradecimentos

Ao nosso monitor por todo o conhecimento que partilhou connosco, a toda a organização da Escola de Verão de Física e a todos os presentes…

Obrigado pela Atenção!

Estética por:
Paula Teixeira