



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

# Relatório do Projeto SN-Ia Parte II

Grupo 12:

Henrique Damasceno

Ingrid dos Santos Beloto

Jéssica Felix França de Oliveira

São Paulo

2020

# 1 Método

Nesta parte do projeto, o objetivo foi encontrar valores para os parâmetros cosmológicos  $\Omega_M$ ,  $\Omega_{EE}$  e  $w$ , comparando os dados de módulo de distância encontrados na parte I, com os dados experimentais dispostos no moodle.

Para isso, foi utilizada a função `curve_fit`, que é um algoritmo minimizador de  $\chi^2$  importado da biblioteca `sci.py`. Além de ter utilizado o método de Força bruta para analisar o  $\chi^2$  e o MCMC para o cálculo da probabilidade de  $\Omega_{EE}$  ser maior que 0.

Por fim, os parâmetros ajustados foram relacionados em gráficos mostrando as curvas de confiança dentro de cada sigma.

# 2 Resultados

1. O valor encontrado para  $\Omega_{EE}$  foi o de 0.729526 com um sigma de 0.013440

Além disso usando da equação (1) tem-se que a probabilidade desses dados indicarem que a densidade da energia escura é maior do que zero é surpreendentemente 100%. Ajustando com os dados experimentais disponíveis, o  $\Omega_{EE}$  permanece positivo mesmo dentro de 5 sigmas.

$$\int_0^{\infty} P(\Omega_{EE})d\Omega_{EE} / \int_{-\infty}^{\infty} P(\Omega_{EE})d\Omega_{EE} \quad (1)$$

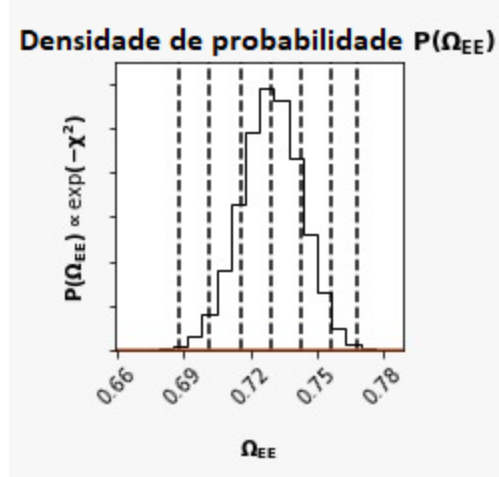


Figura 1: Histograma com a probabilidade de  $\Omega_{EE}$  ser maior que 0.

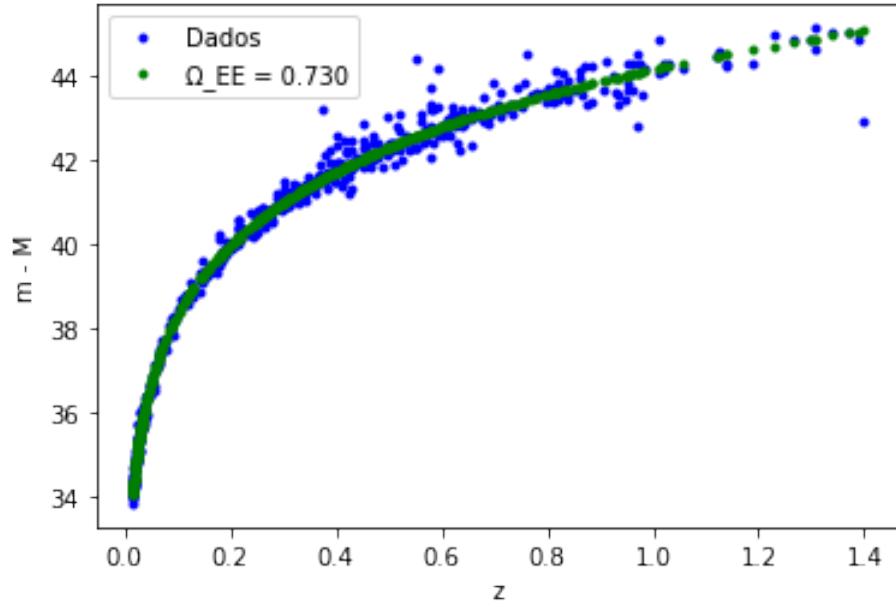


Figura 2: O gráfico conta com o comparativo entre os módulos da distância calculados com  $\Omega_{EE}$ , e os dados

Analizamos também o comportamento do  $\chi^2$  em função do  $\Omega_{EE}$ , observando que este tem seu menor valor para o  $\Omega_{EE}$  encontrado.

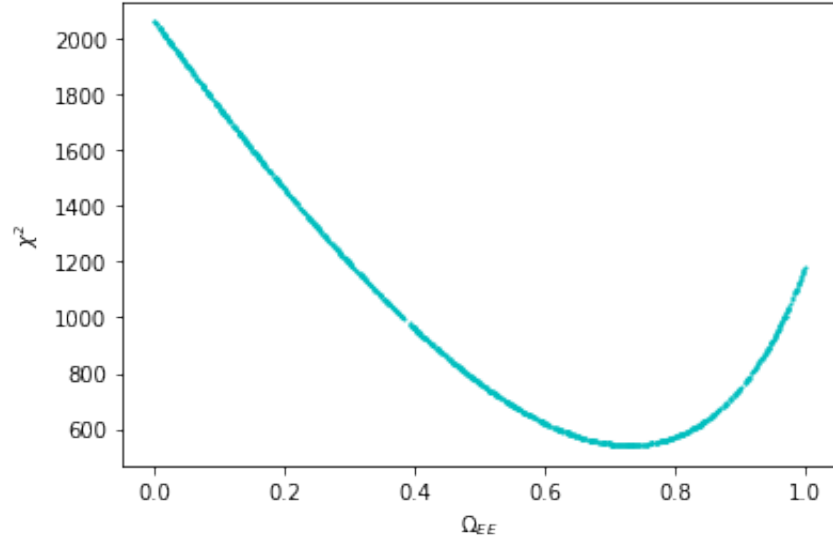


Figura 3: O gráfico do  $\chi^2$  em função do  $\Omega_{EE}$  para um universo plano com  $w = -1$ .

## 2. Fazendo a melhor verossimilhança

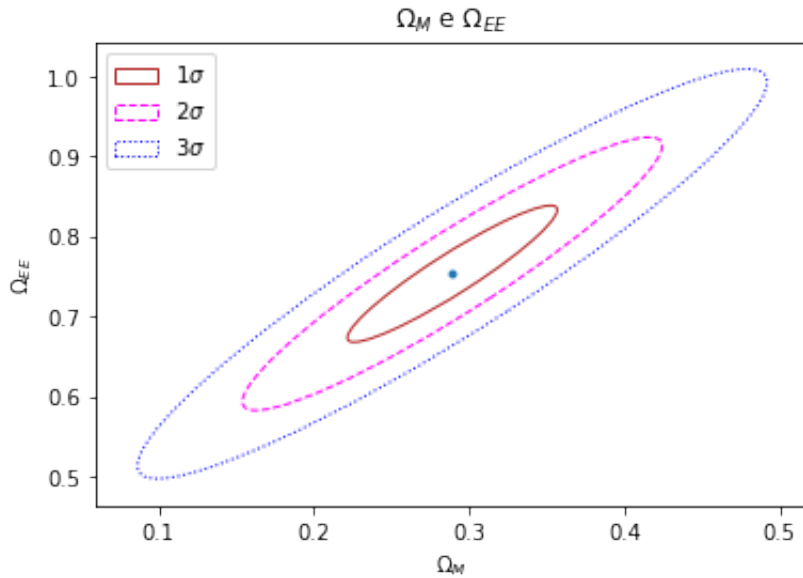


Figura 4: O gráfico mostra as elipses para  $\sigma_M = 0.067$  e  $\sigma_{EE} = 0.085$

3. Agora neste caso, bastante semelhante ao item anterior, contudo adicionando ao valor do  $\chi^2$  um termo de  $[(1 - \Omega_M - \Omega_{EE}) + 0,06]2/0,052$ . Os resultados obtidos para  $\Omega_M = 0.28911039514252324$  e  $\Omega_{EE} = 0.7533103156939421$ . Resultando em um  $\Omega_K =$

$1 - \Omega_M - \Omega_{EE} = -0,0424207$ , demonstrando que está dentro do que esperavamos os resultados de  $\Omega_M e \Omega_{EE}$

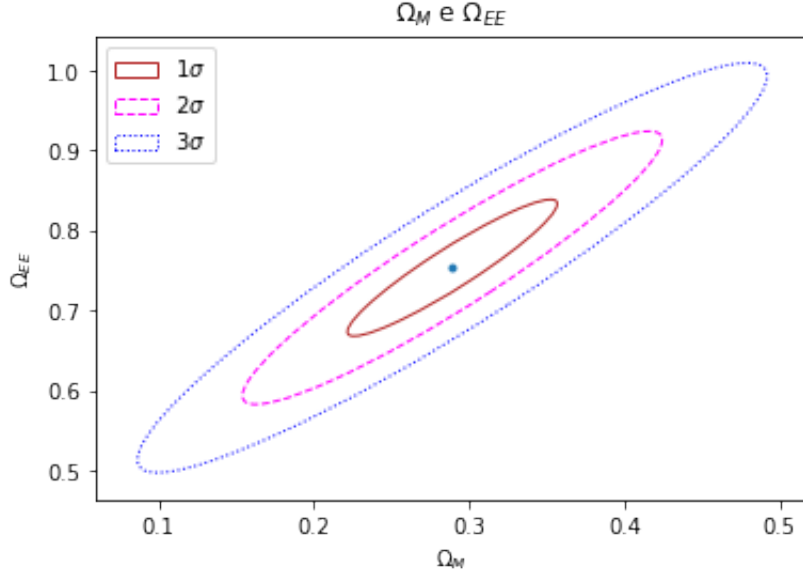


Figura 5: O gráfico mostra as elipses

4. Mais um vez calculando a melhor verossimilhança, supondo um Universo plano, tem-se os valores de  $\Omega_M = 0.28133171355858816$ , e um valor de  $w = -1.025231201051365$ , com um sigma de  $[-0.00985024 \ 0.02340046]$

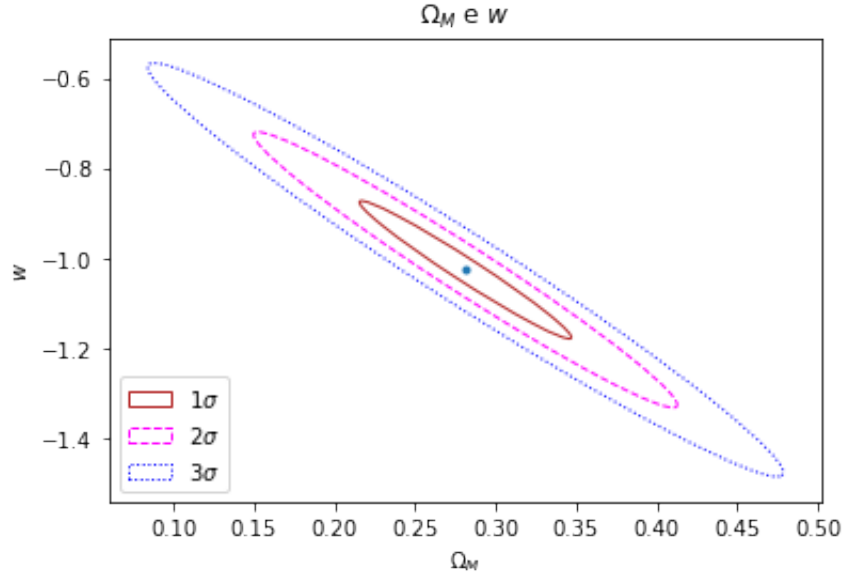


Figura 6: O gráfico mostra as elipses

### 3 Análise

Este trabalho busca demonstrar como ao utilizar as Supernovas do tipo Ia para obter as relações dos parâmetros cosmológicos. Esta parte do trabalho teve como intuito analisar as melhores verossimilhança com o universo observável, para observar os valores dos parâmetros cosmológicos que mais se aproximam do observável.

Com isso pode-se encontrar valores bem próximos aos observados e estimados hoje em dia, com um  $\Omega_{EE}$  maior que 0 e dominante, que nos indica que nosso universo é atualmente dominado pela energia escura.

Além do fato de que o valor de  $w$  é compatível com -1, dentro do esperado.

Tem-se também a partir dos dados encontrados, que as Supernovas tipo Ia nos mostram um  $\Omega_K$  próximo de 0, nos levando a inferir que nosso universo é plano, ou melhor dizendo tem uma curvatura bem próxima a zero.

### 4 Apêndice

- Apêndice A: [Programa em python](#)