

A missão GAIA:  
o futuro da astronomia de posição

# Histórico

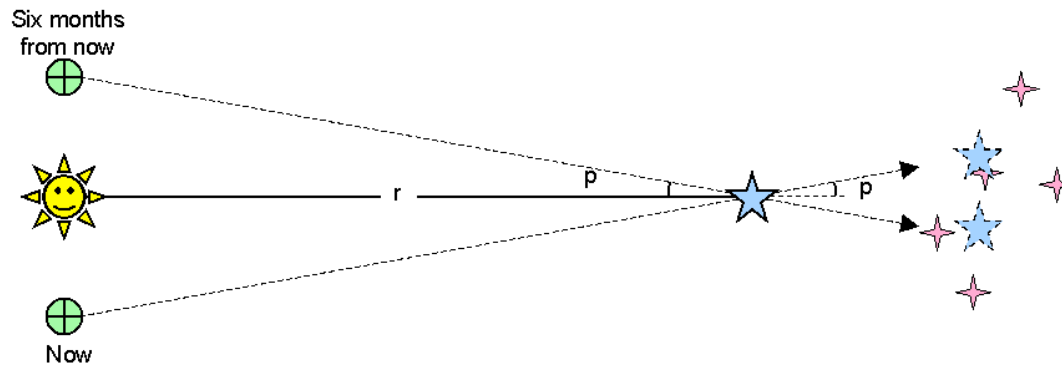
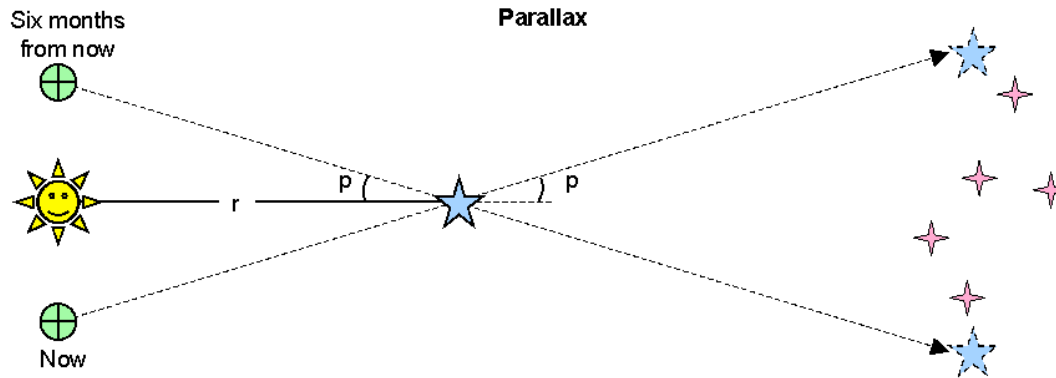
- Desde que começou a ser aceita a teoria heliocêntrica, derrubando a idéia de que a Terra permaneceria fixa no espaço, esperava-se detectar uma paralaxe, ou seja, um movimento relativo das estrelas como consequência do movimento da Terra.
- A Paralaxe não podia ser medida, o que causava um certo incômodo nos astrônomos da época, que por mais que tentassem, não conseguiam detectar qualquer paralaxe.
- Newton foi o primeiro a estimar a distância até Sirius supondo que ela fosse uma estrela igual ao Sol.
- Ficou evidente para a comunidade astronômica do século XVIII que se houvesse uma paralaxe ela seria extremamente pequena, sem condições de ser detectada pelos instrumentos da época.
- Em meados do século XIX Bessel conseguiu medir a paralaxe e comprovar que a Terra se movia.

Somente em 1838 Friedrich W. Bessel anunciou a primeira medida confiável de paralaxe da estrela 61 Cygni, cerca de  $0,31316'' \pm 0,0254''$ , implicando em uma distância da ordem de 660 000 maior que a distância da Terra ao Sol.



1 segundo de arco corresponde aproximadamente ao ângulo sob o qual vemos a largura de um dedo humano à distância de 2 Kilômetros!

# Paralaxe

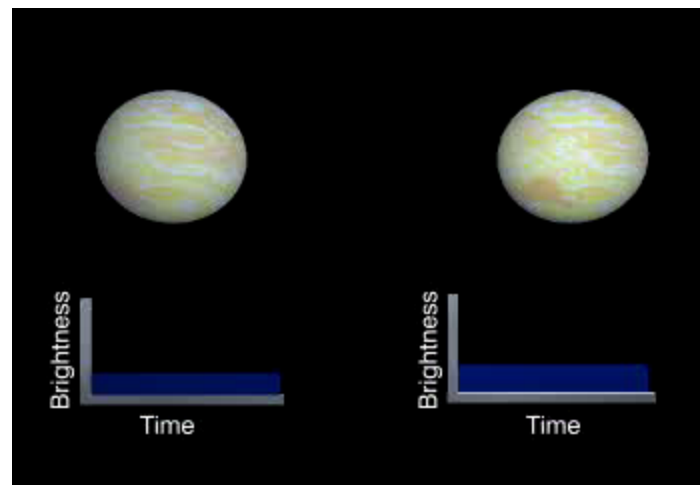


# Determinação de distância

Esse é um dos maiores problemas da astronomia, a determinação precisa de distância.

- A paralaxe é o método mais eficaz de se medir distância.
- Através de supernova, pelo máximo brilho, também se tem uma boa precisão de distância, além de estrelas pulsantes, porém necessita medidas anteriores (calibração) de paralaxe.

# Cefeidas



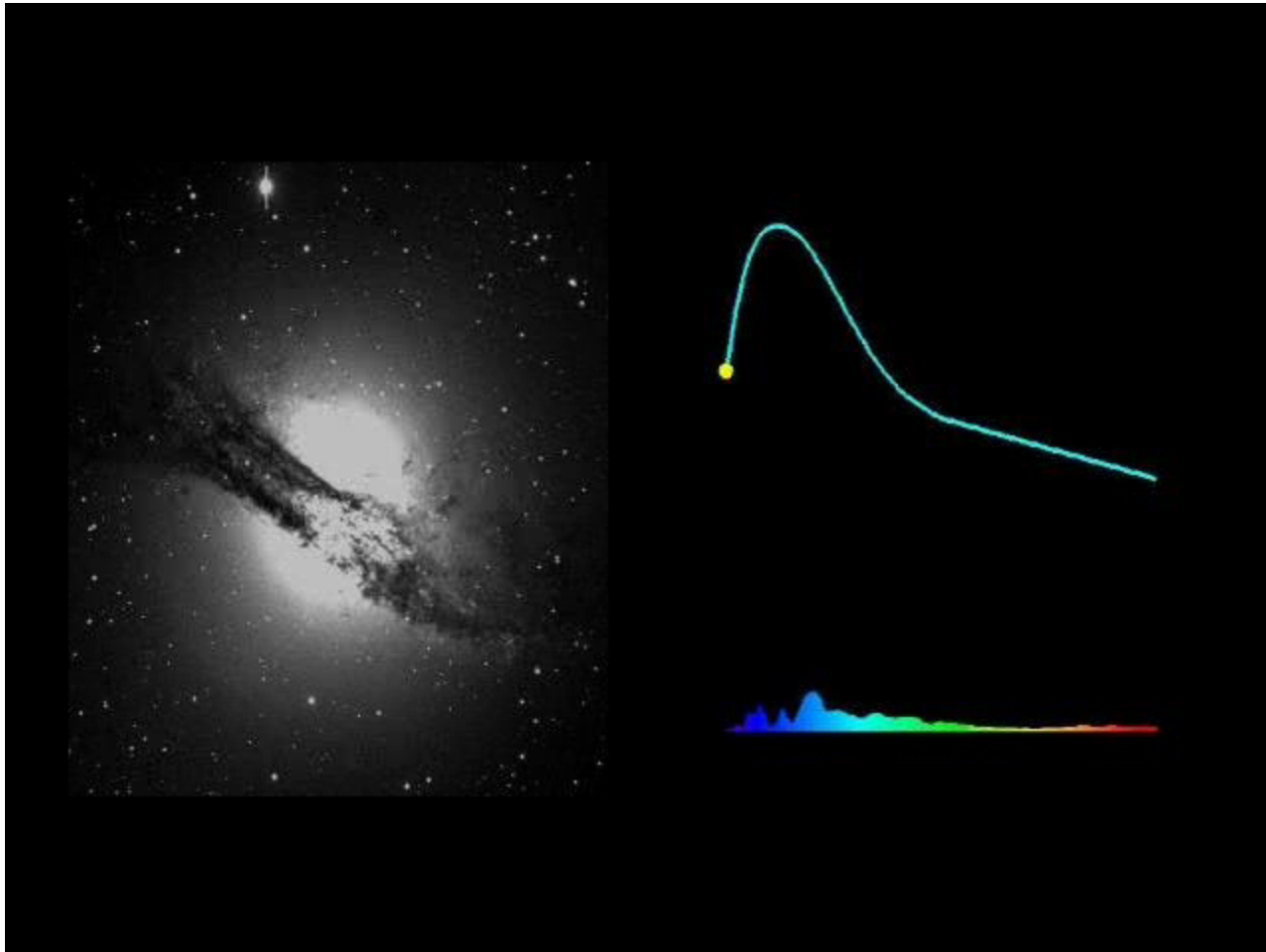
As calibrações empíricas indicam que

$$M_{abs} = -3.8 \log P + 2.7(B - V) - 2.21$$

# Calibração

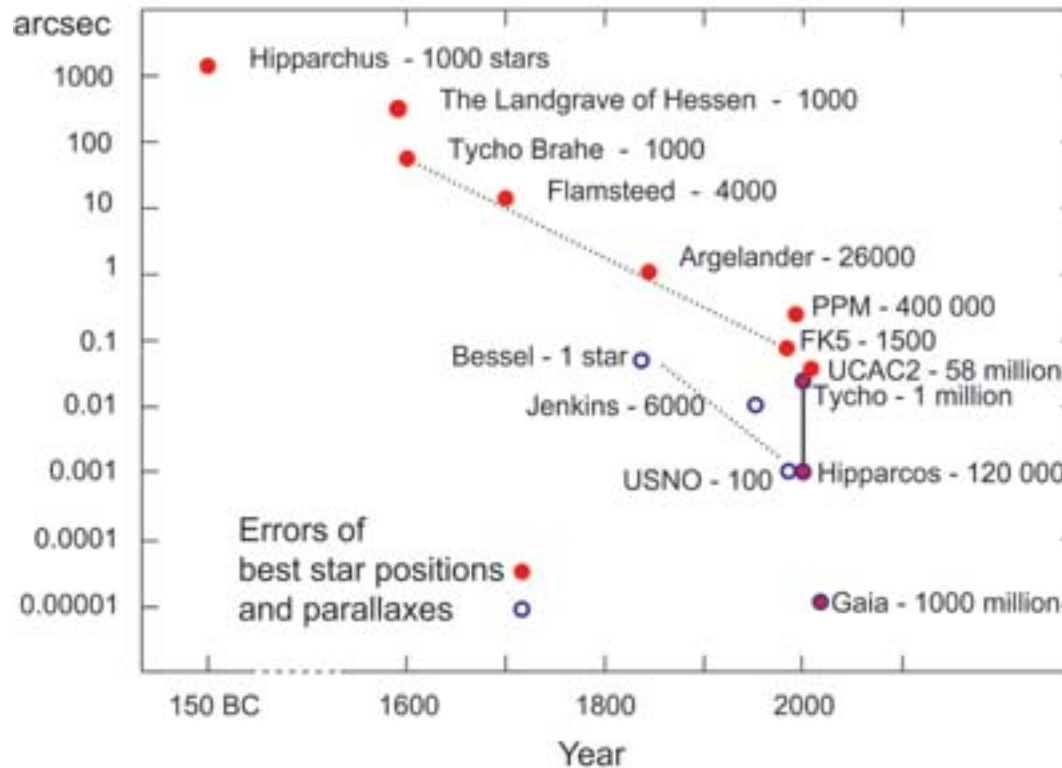
- Para uma dada amostra de cefeidas, medem-se as magnitudes aparentes e os períodos
- Para aquelas das quais se pode medir a paralaxe, medem-se as distâncias de modo independente.
- Tendo as distâncias e magnitudes aparentes, pode-se calcular as luminosidades
- Obtém-se a relação entre período e luminosidade

# Supernovas

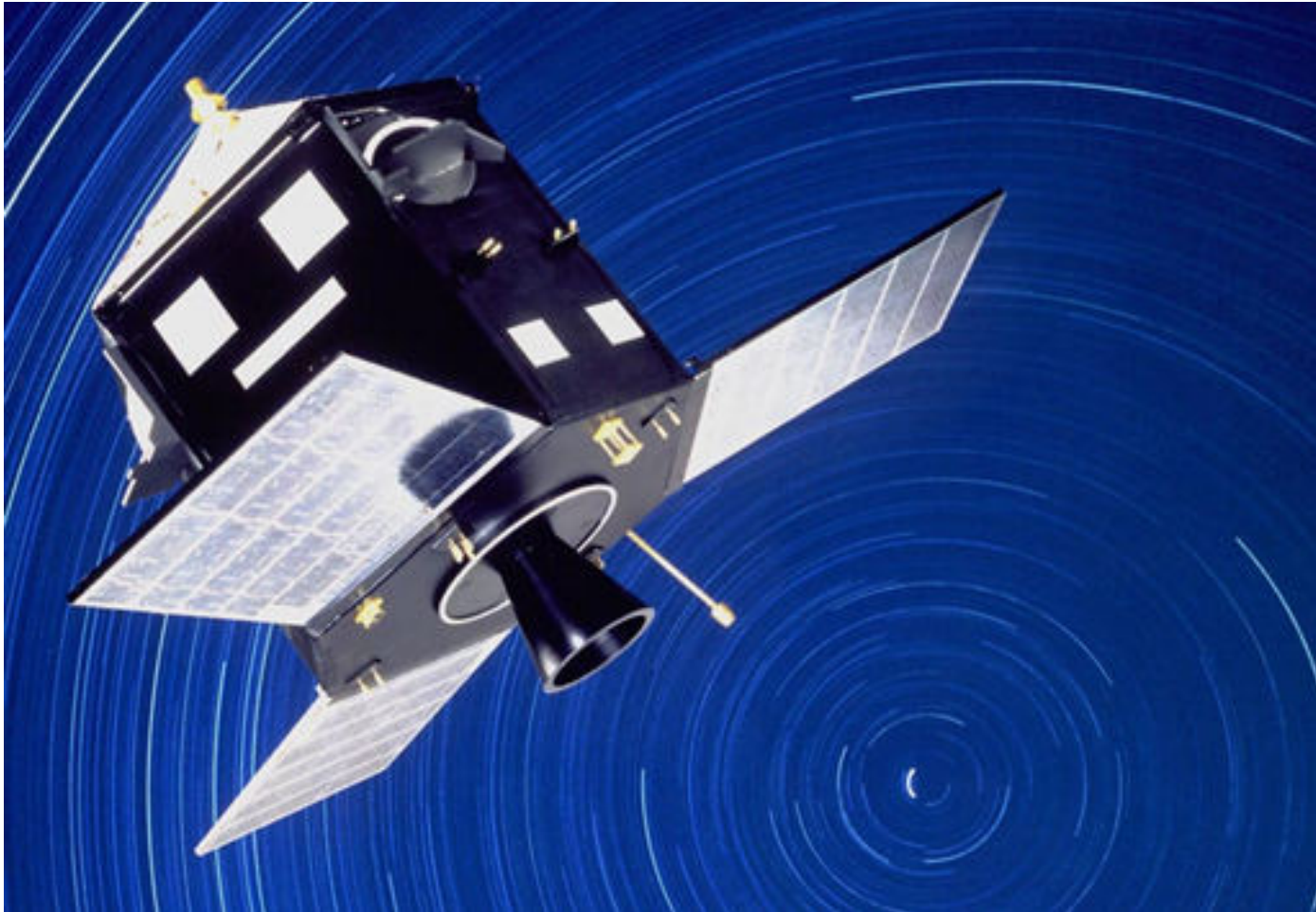




# Precisão nas posições



# Hipparcos



satélite

# Dados do Hipparcos

Funcionamento: 1989 – 1993

Massa: 500 kg

Órbita altamente elíptica

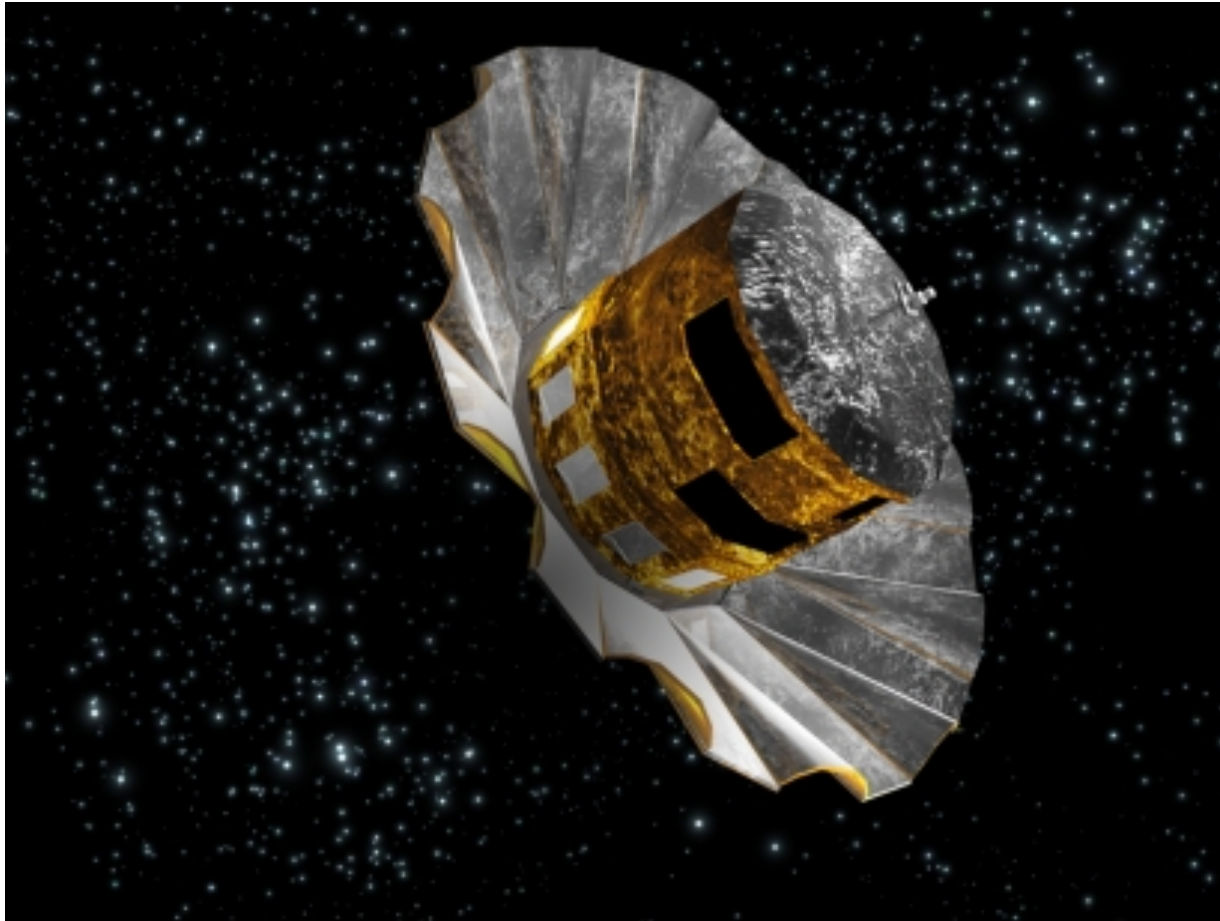
Hipparcos catalogue: 118 mil estrelas ( $\sim 1$  mas)

Tycho catalogue: 1 milhão de estrelas ( $\sim 7$  mas)

Paralaxe 100 pc (10%)

Fotometria B – V com precisão de  $\sim 0.0015$

# Gaia



# Dados do Gaia

Lançamento em 20/11/2013

Operação prevista: 2014 – 2018

Catálogo final em 2020-21

Posição: orbitando o Sol no ponto Lagrangeano 2 do sistema  
Terra-Sol

Gaia catalogue: 1 bilhão de estrelas (1% galáxia)  $\sim 0.01$  mas

Tycho catalogue: Paralaxe: 10 kpc (10%)

Fotometria multi-banda: 4 largas – 11 médias

Vel. Radial: 100 milhões de estrelas

(faixa espectral de 848-874 nm, precisão de 1 km/s)

# Em outras palavras

| <b>Gala System: main characteristics</b> |                    |
|--|--------------------|
| <b>mission duration</b>                  | 5 years            |
| <b>spin rate</b>                         | 60 arcsec/s        |
| <b>spin period</b>                       | 6 h                |
| <b>Sun / spin axis angle</b>             | 45 deg             |
| <b>precession period</b>                 | 63.12 days         |
| <b>maximum across-scan (AC) rate</b>     | +/- 0.173 arcsec/s |
| <b>Basic Angle</b>                       | 106.50 deg         |

- Lissajous orbit around L2
- 300 000 x 200 000 km
  - Avoid Earth eclipse for 6 years

- Revolving scan
- 6 h spin period
  - 45deg SAA spin axes
  - 63 days spin axis precession

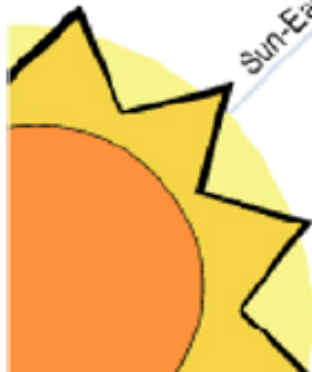
- Moon eclipses
- 10 to 15% sun light attenuation
  - 10 to 20 hours long
  - About 50 occurrences over mission

- Transfer to L2
- 4 months long
  - Eclipse free
  - 250 m/s including insertion manoeuvre

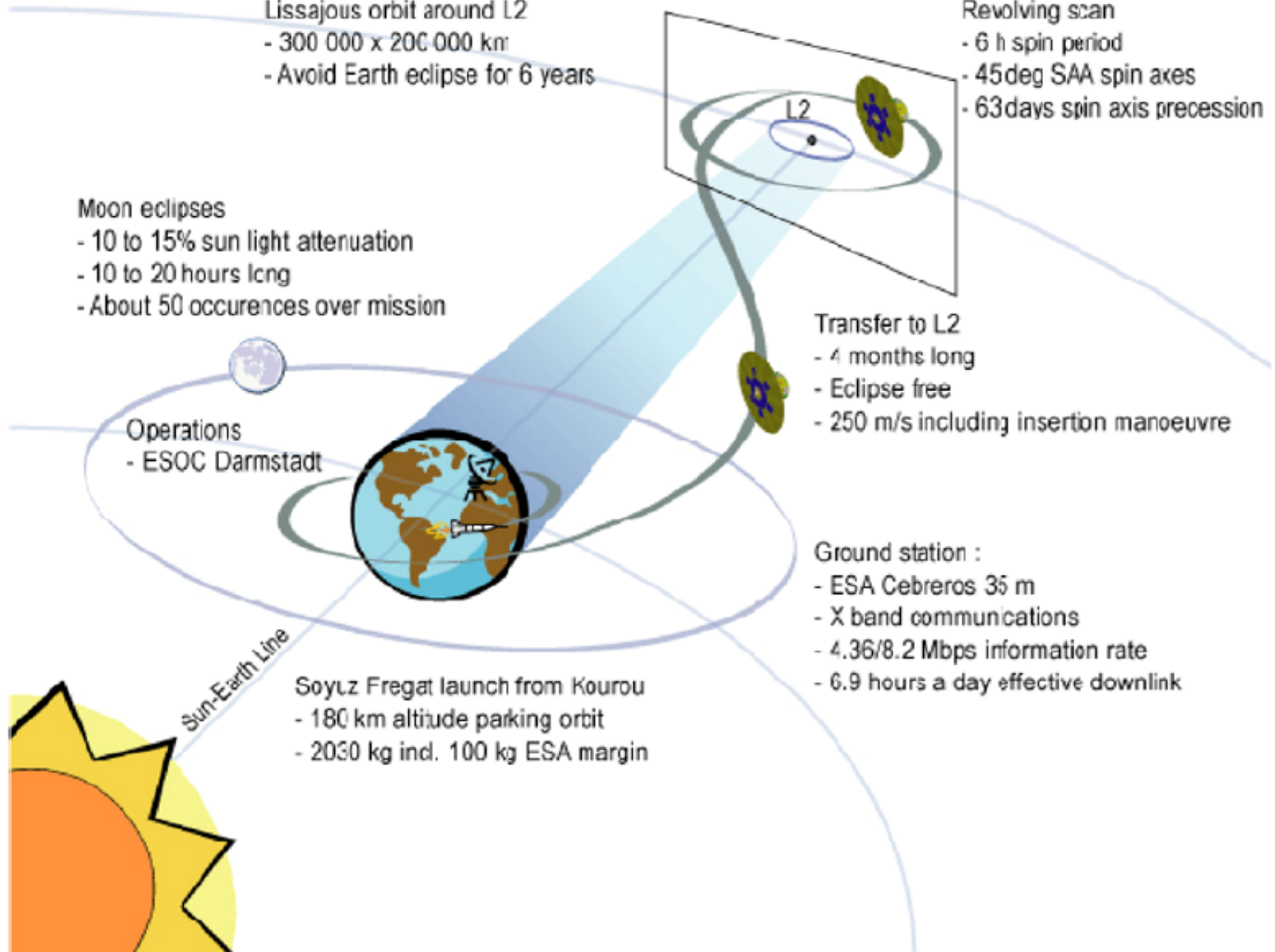
- Operations
- ESOC Darmstadt

- Ground station :
- ESA Cebreros 35 m
  - X band communications
  - 4.36/8.2 Mbps information rate
  - 6.9 hours a day effective downlink

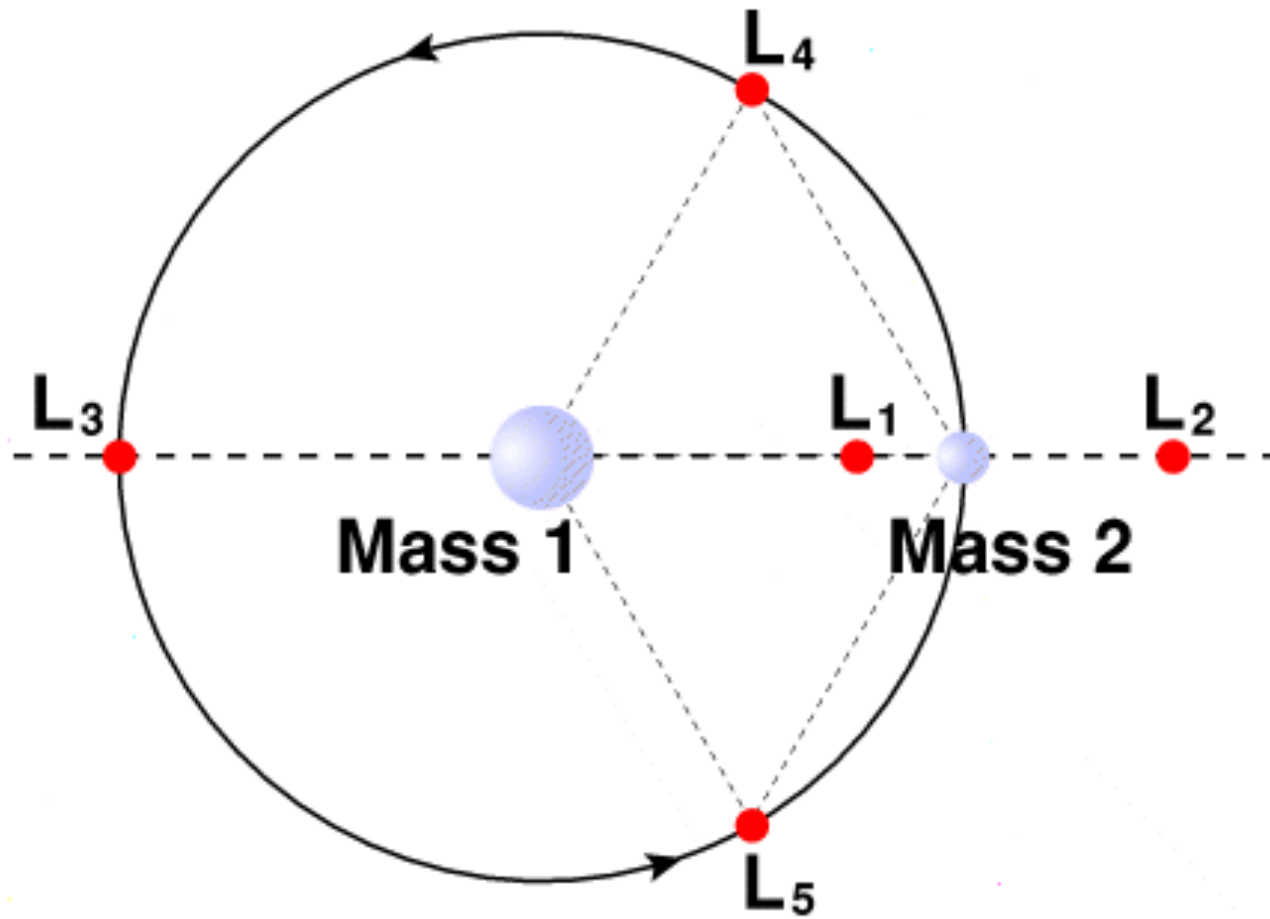
- Soyuz Fregat launch from Kourou
- 180 km altitude parking orbit
  - 2030 kg incl. 100 kg ESA margin



Sun-Earth Line



# Ponto de Lagrange: Órbitas Estáveis





# Objetivos

- Criar o maior e mais preciso mapa tridimensional da nossa galáxia nos fornecendo medidas extremamente precisas de posição e velocidade radial de cerca de 1 bilhão de estrelas da nossa galáxia e do grupo local.
- Fotometria, determinação de distâncias, exoplanetas, testes da relatividade geral.

# GAIA

10 kpc

1000 million objects  
measured to  $l = 20$

20 kpc

>20 globular clusters  
Many thousands of Cepheids and RR Lyrae

Horizon for proper motions  
accurate to 1 km/s

Mass of galaxy from  
rotation curve at 15 kpc

Sun

30 open clusters  
within 500 pc

Dark matter in disc measured  
from distances/motions of K giants

Horizon for detection of  
Jupiter mass planets (200 pc)

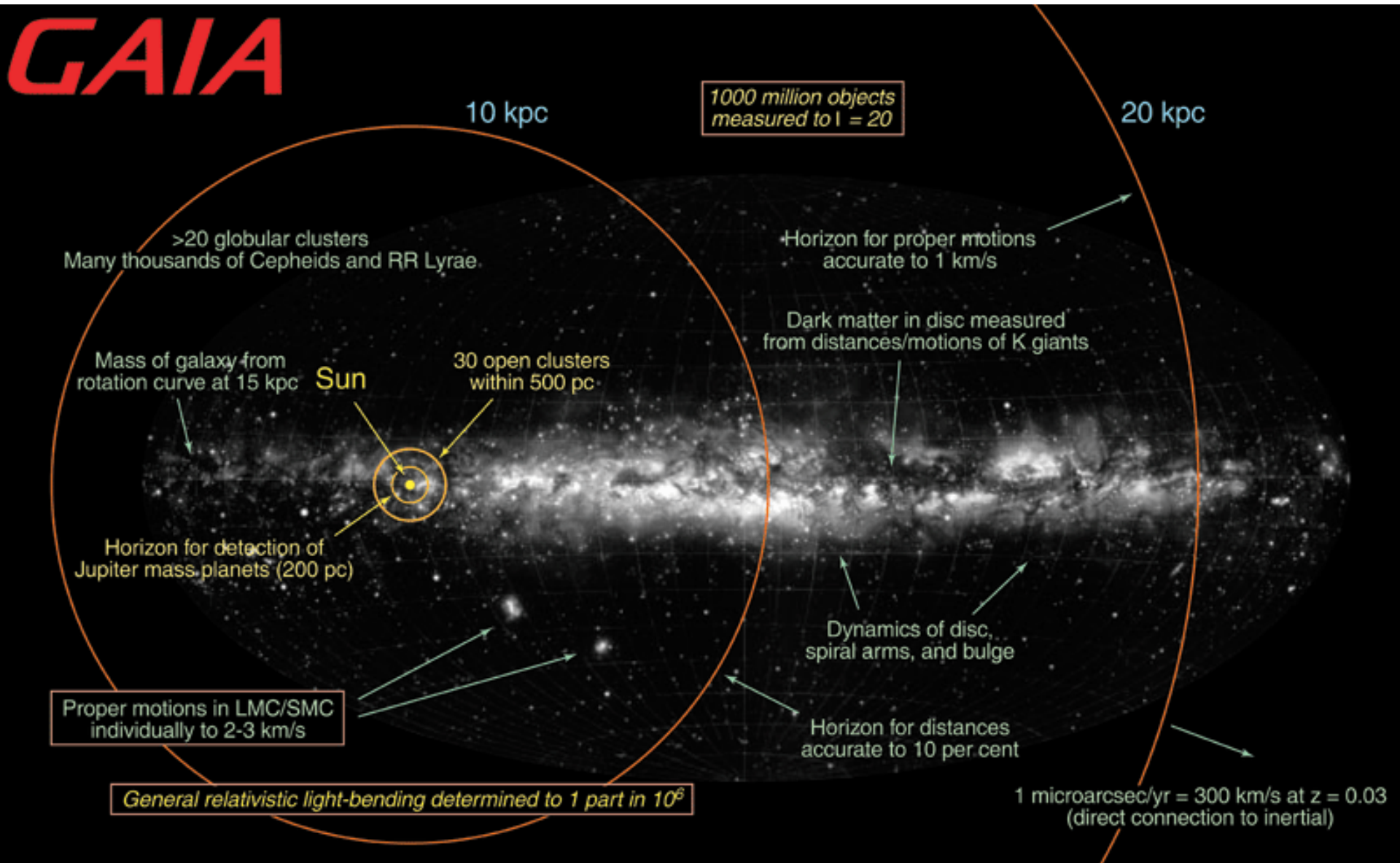
Dynamics of disc,  
spiral arms, and bulge

Proper motions in LMC/SMC  
individually to 2-3 km/s

Horizon for distances  
accurate to 10 per cent

General relativistic light-bending determined to 1 part in  $10^6$

1 microarcsec/yr = 300 km/s at  $z = 0.03$   
(direct connection to inertial)



# Outros objetos de estudo

- Planetas em torno de outras estrelas
- Asteróides em volta do Sistema Solar
- Estrelas “falhadas”
- Explosões estelares distantes
- Corpos gelados do sistema solar externo

# Precisão

- Fontes puntuais até magnitude 20:
- $\sim 4 \mu\text{as}$  para mag  $< 12$
- $\sim 10\text{-}20 \mu\text{as}$  para mag  $< 16$
- $\sim 100 \mu\text{as}$  para mag  $< 21$
- Vão ser observadas TODAS as estrelas de magnitude até 20 e ainda será possível observar algumas de maiores magnitudes

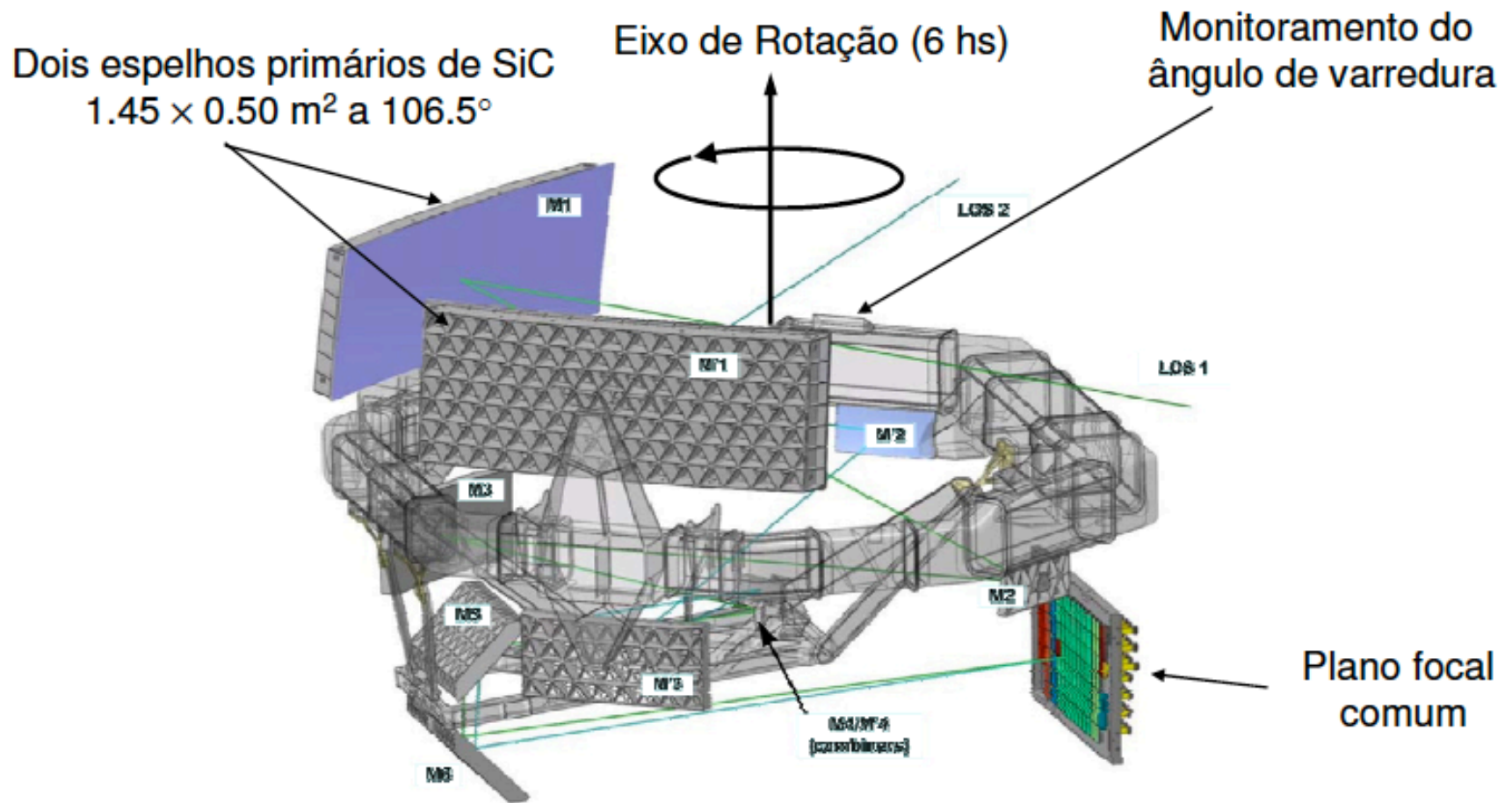
# A espaçonave

- Consiste de dois telescópios que irão constantemente varrer o céu, registrando qualquer objeto celeste visível que cruze a linha de visada.
- Durante a sua vida de 5 anos, Gaia irá observar cada uma das fontes (cerca de 1 bilhão) 100 vezes em média. Em cada vez irá detectar mudanças no brilho e na posição.

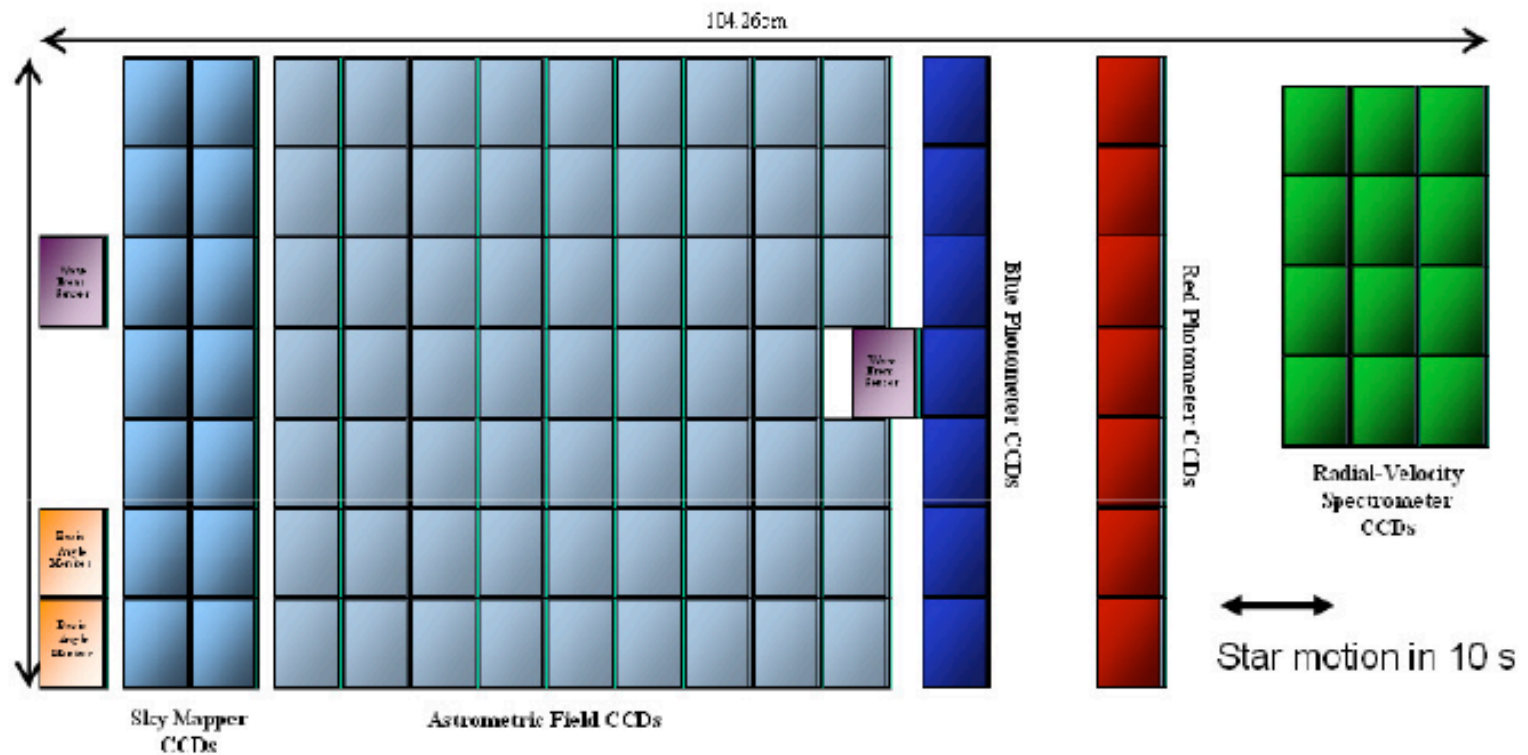
# Mais ainda...

Gaia usa o conceito de astrometria demonstrado para o Hipparcos. A nave espacial rotaciona lentamente em uma taxa angular de 1 grau/min em torno do eixo perpendicular aos dois campos de vista, descrevendo um grande círculo no céu em 6 horas.

# Telescópios



# Plano Focal



- **Campo Total**

- 106 CCDs (TDI)
- 4500 x 1966 pixels (cada CCD)
- Tamanho do pixel: 10  $\mu\text{m}$  x 30  $\mu\text{m}$

- **Sky Mapper (SM)**

- Detecta objetos até  $V=20\text{mag}$
- Rejeita raios cósmicos
- Específico para cada telescópio

- **Astrometria**

- 62 CCDs

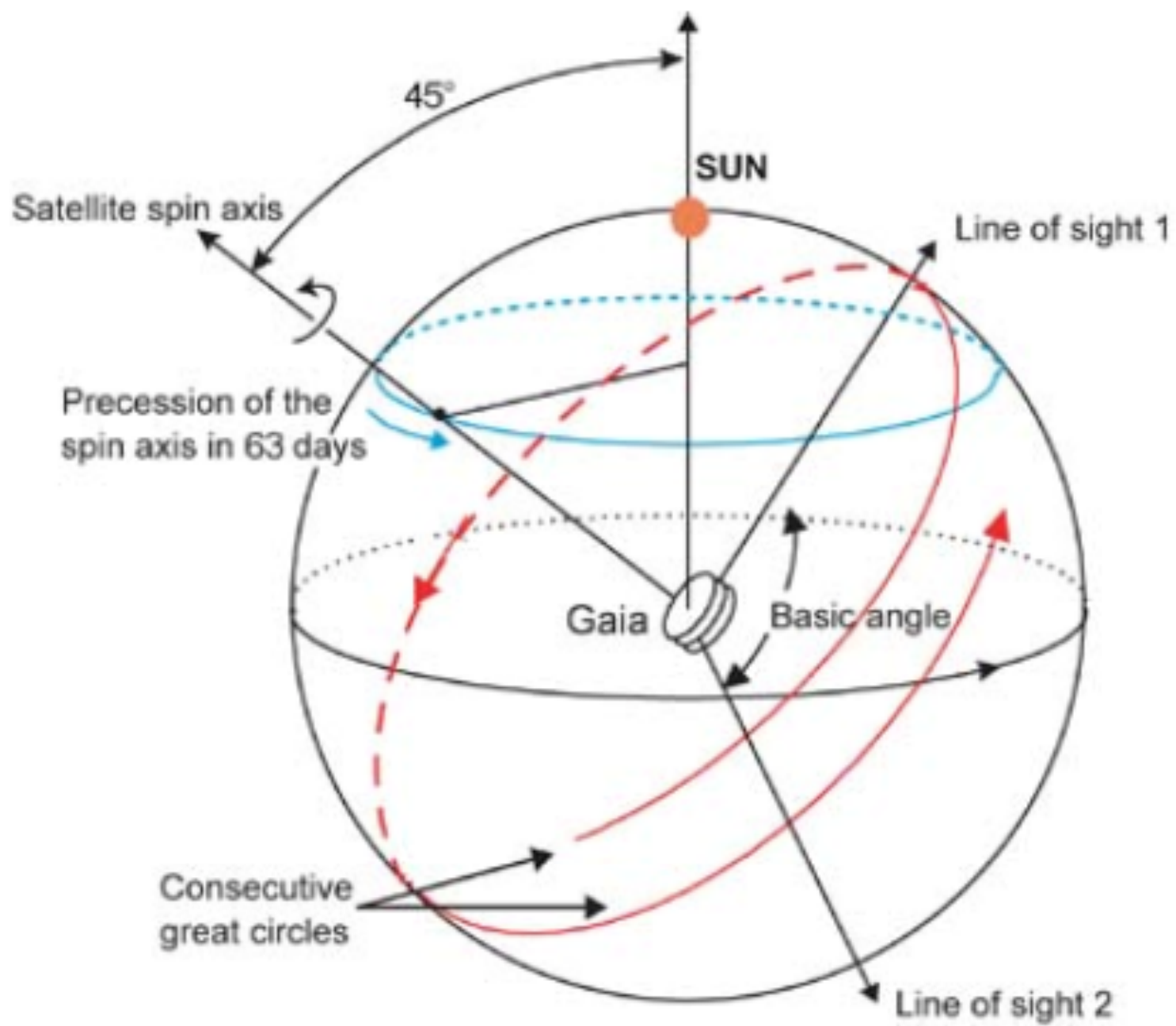
- **Fotometria**

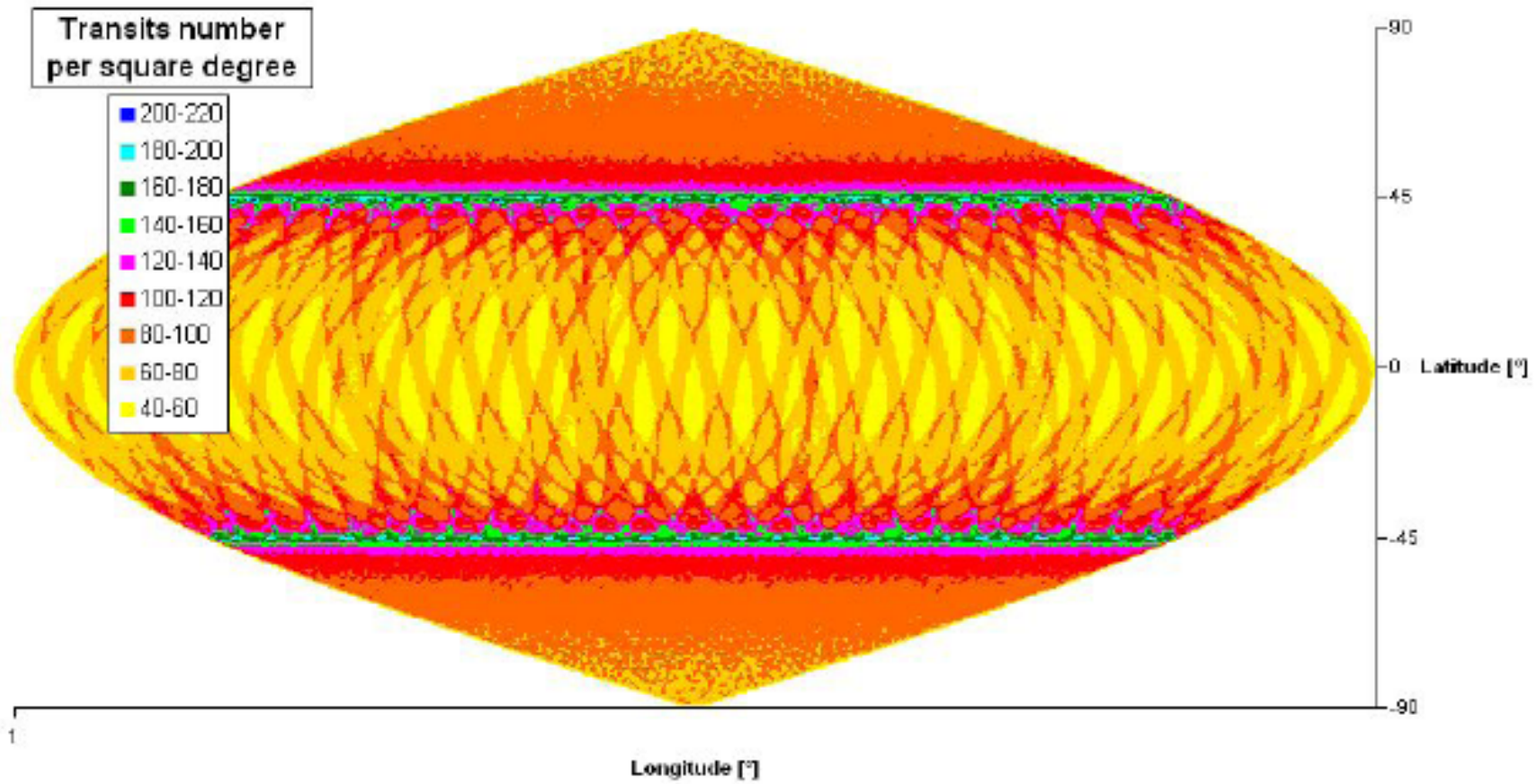
- 14 CCDs

- **Espectroscopia**

- 12 CCDs







# Utilização de CCD's

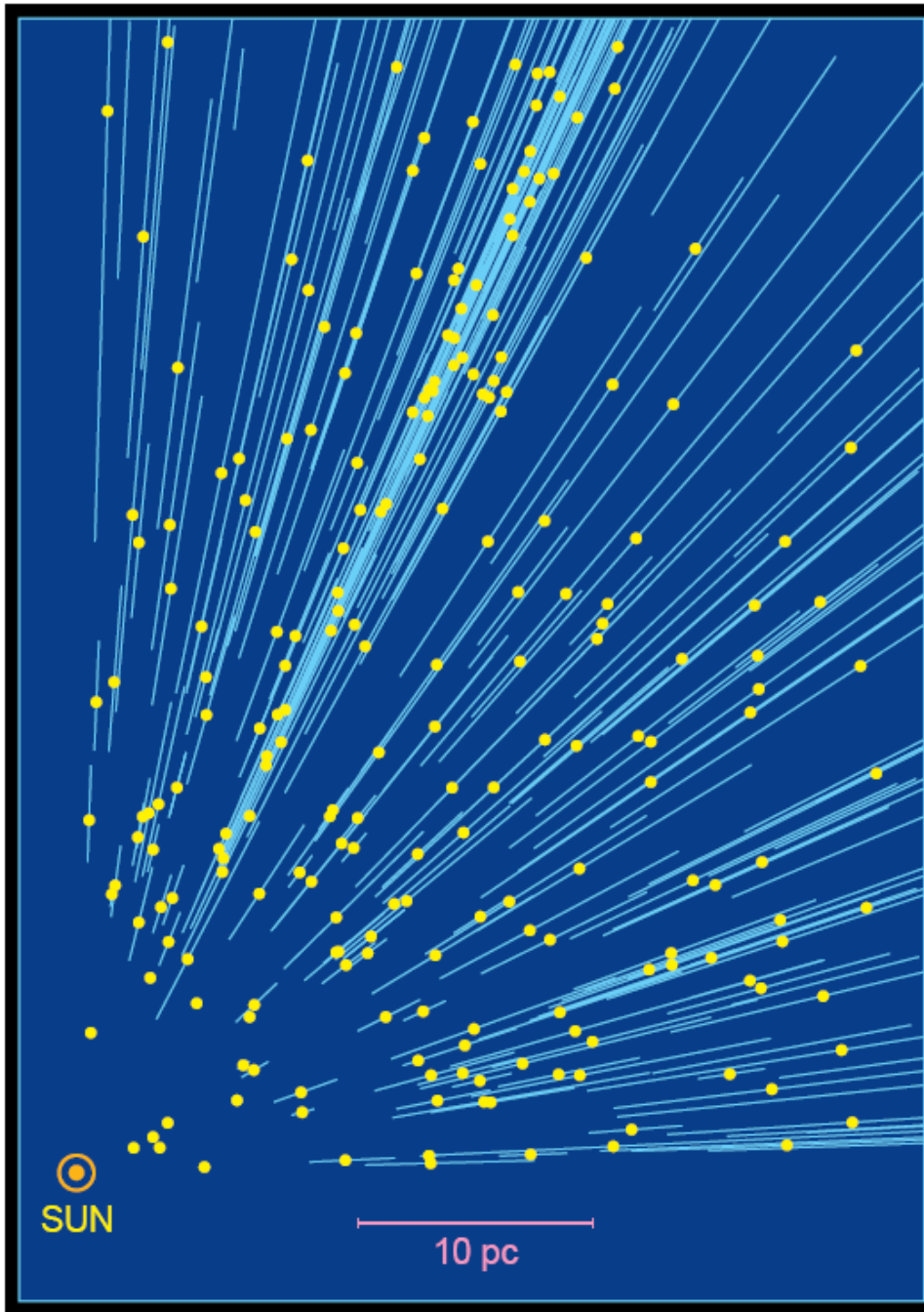
- O Hipparcos utilizava fotocátodos, o que não permitia o registro de uma imagem, só podia gravar a informação de um objeto de cada vez.
- O Gaia irá utilizar CCD's, o que permite observar estrelas em um fator de  $10^4$  a mais que o Hipparcos. Na média cerca de 20000 estrelas são observadas simultaneamente.

# Mapa Tridimensional

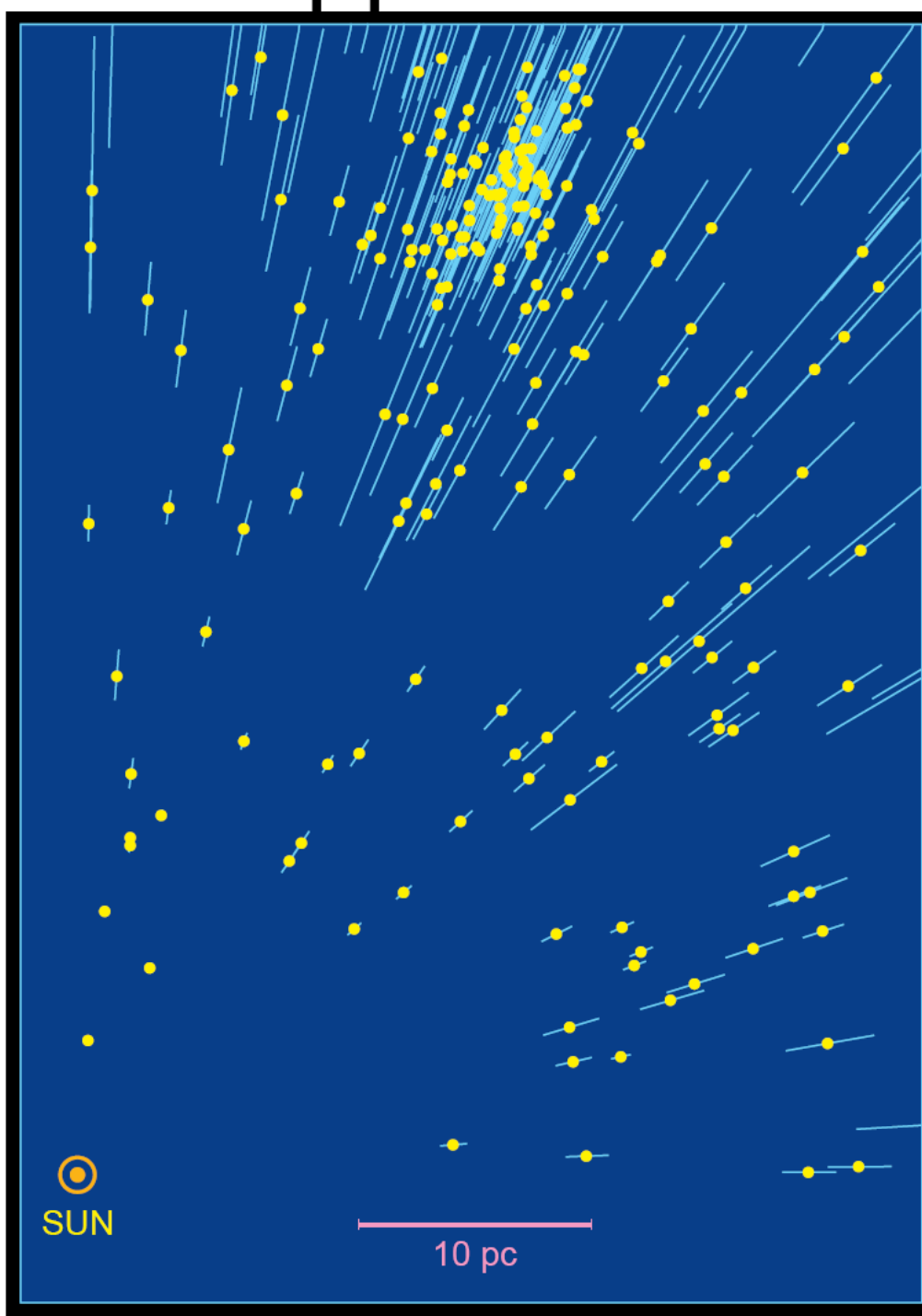
- Mapeia uma região do céu várias vezes em diferentes ângulos para cada giro do Gaia.
- Cada um desses ângulos observa uma região corresponde a um círculo de diâmetro igual ao diâmetro da esfera celeste, produzindo o mapa tridimensional

# Mapa

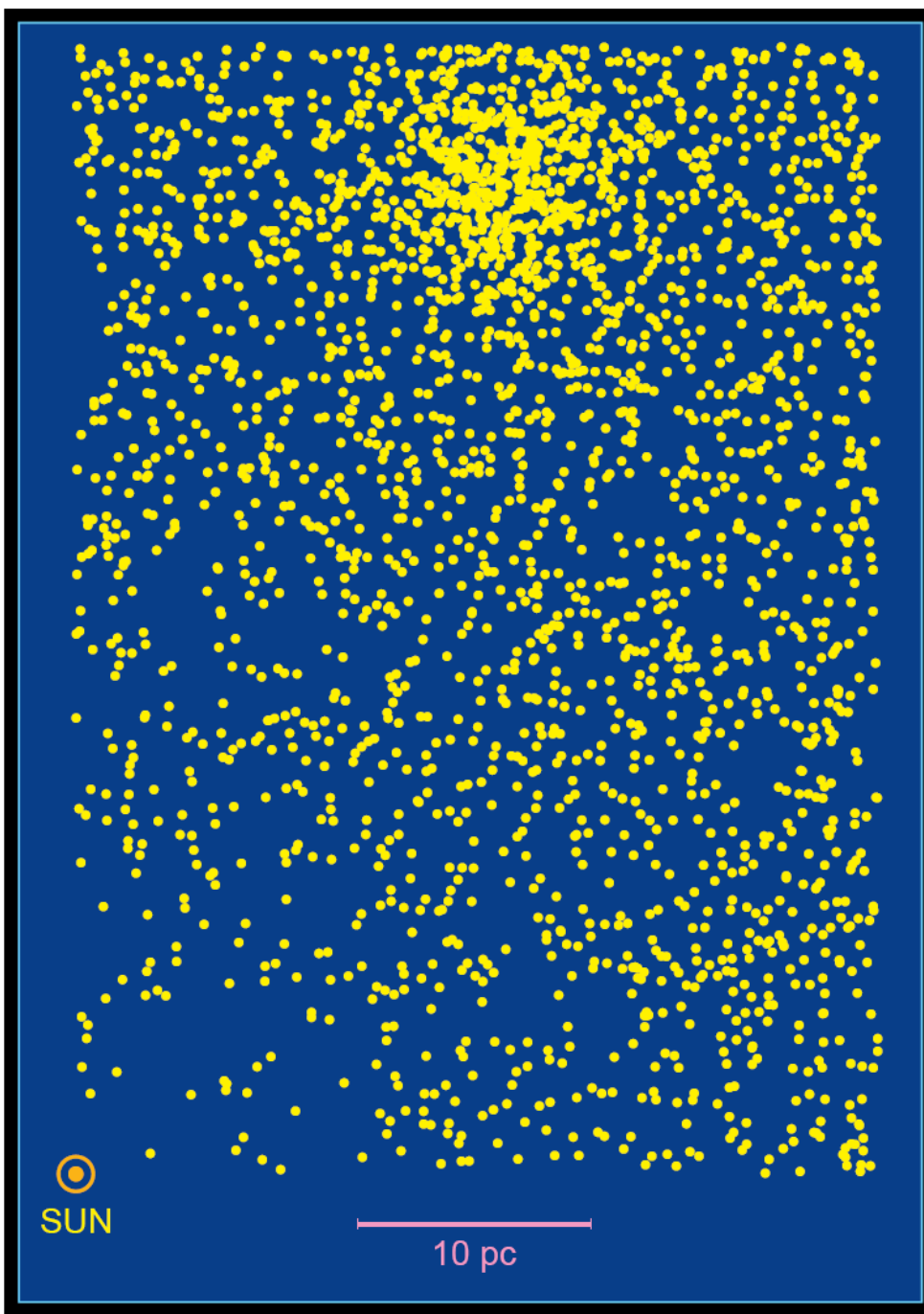




Medidas de distância  
feitas no solo



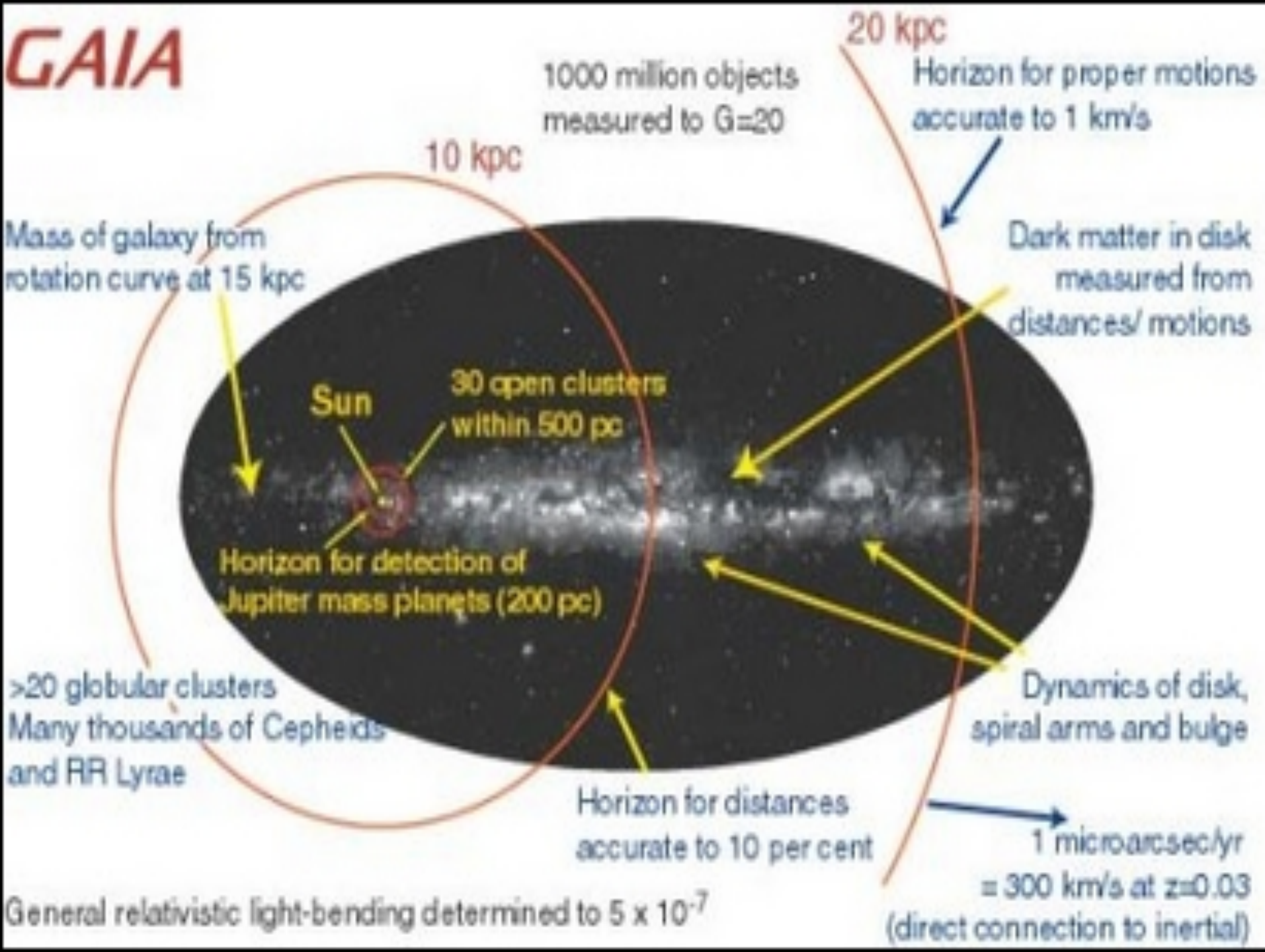
Hipparcos



GAIA



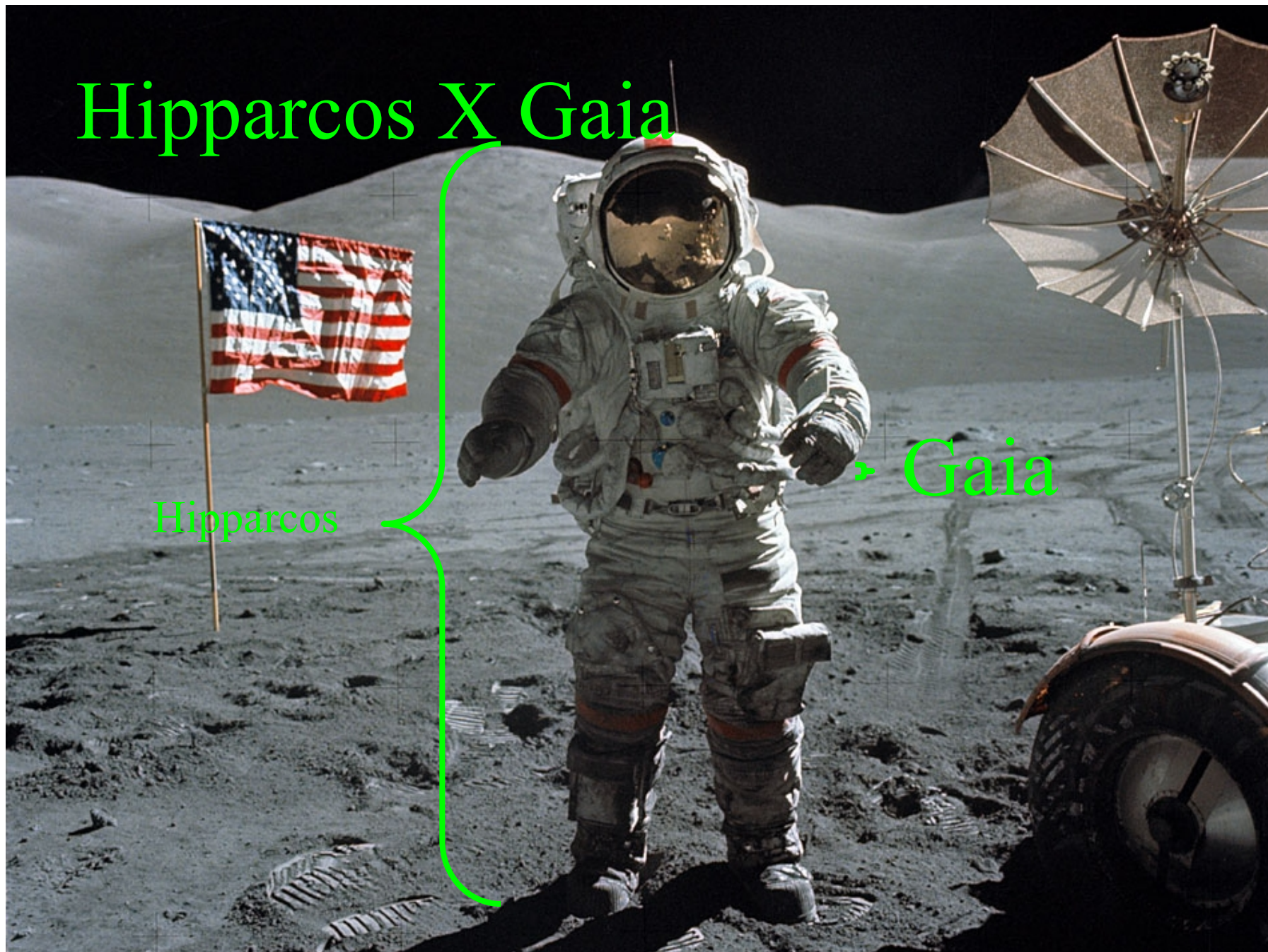
# GAIA



# Hipparcos X Gaia

Hipparcos

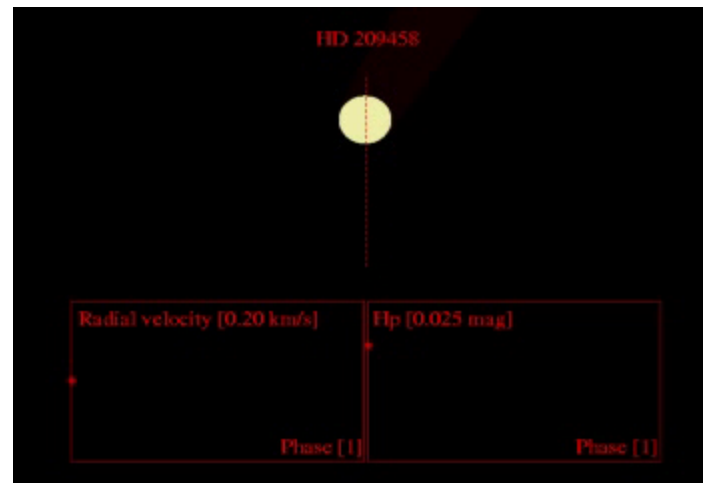
Gaia





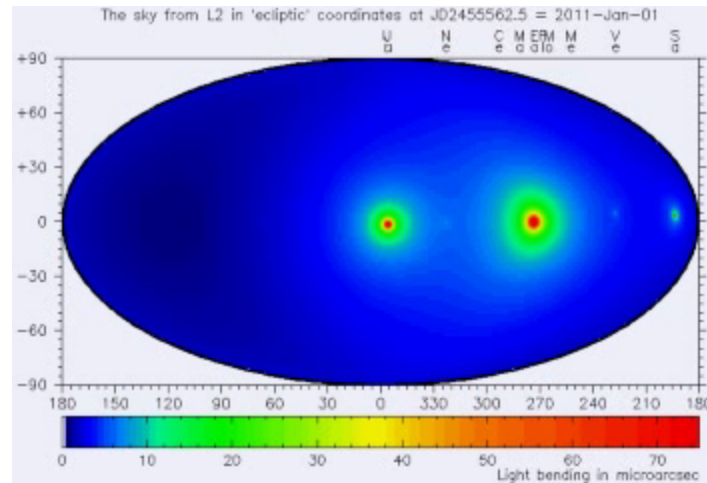
# Planetas Extra-solares

- Através da variação da velocidade radial.
- E pelo pequena variação da posição da estrela devido ao movimento do planeta.

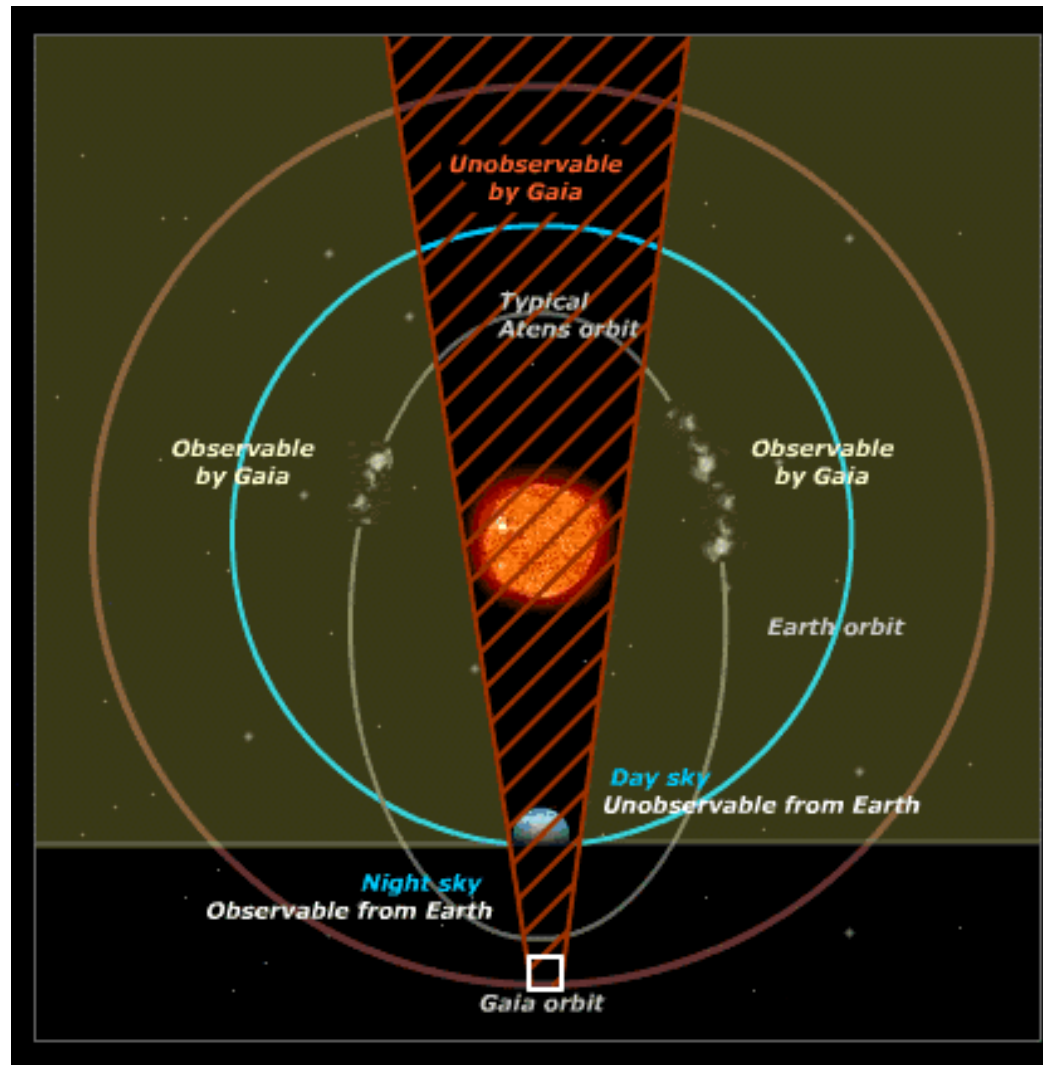


# Relatividade Geral

- Gaia é tão preciso que pode medir a deflexão da luz por fontes gravitacionais.
- É capaz de medir a deflexão da luz devido a um asteróide.

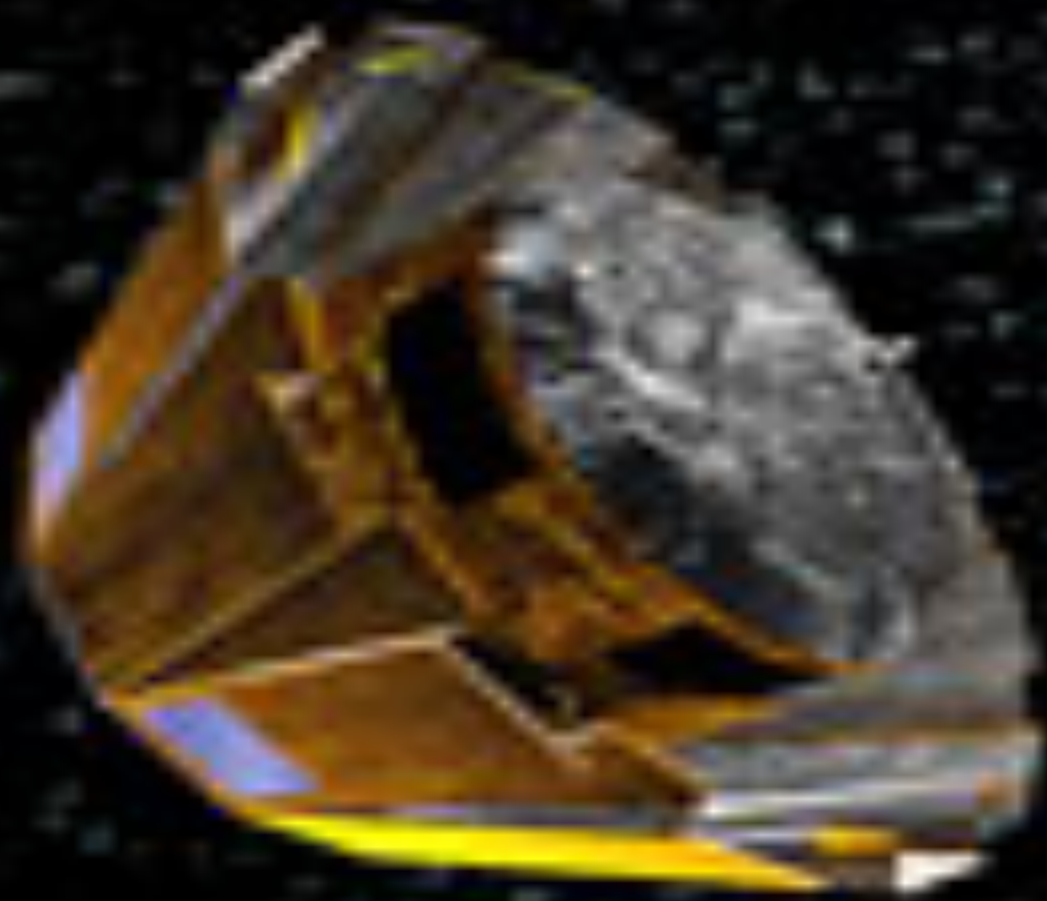


# Asteróides

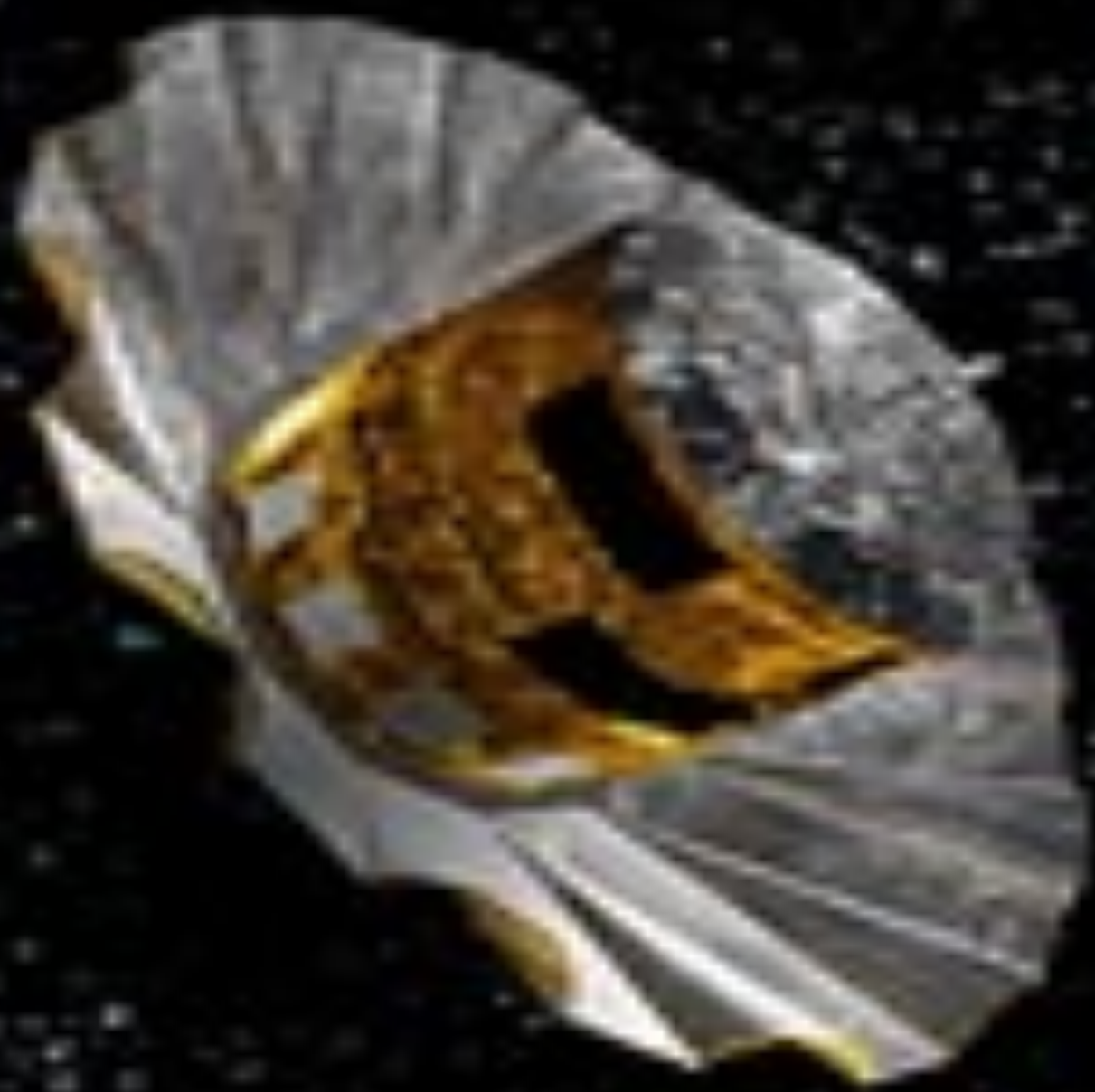


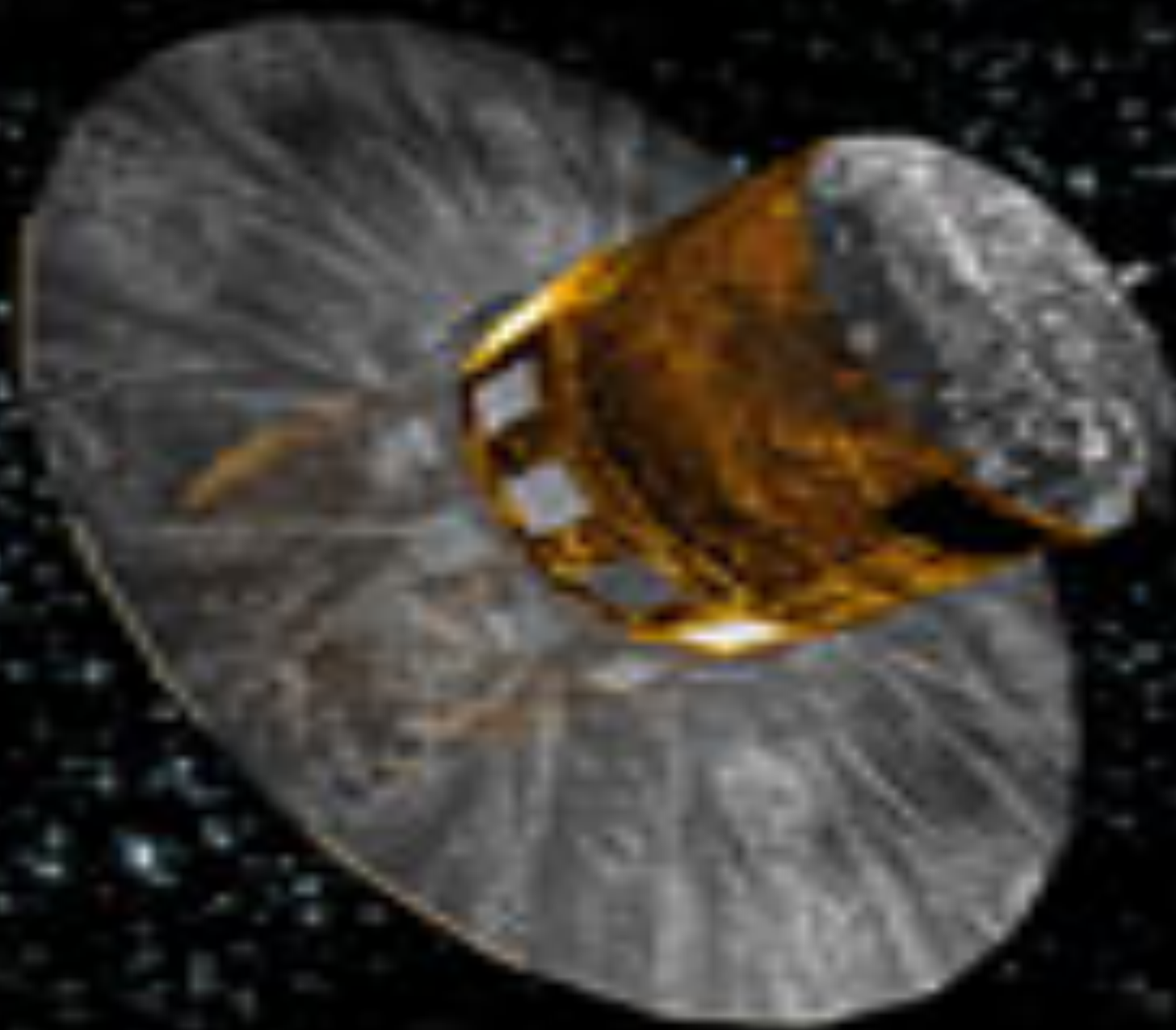
[http://www.rssd.esa.int/SA/GAIA/videos/orbitgaia\\_atens2.swf](http://www.rssd.esa.int/SA/GAIA/videos/orbitgaia_atens2.swf)

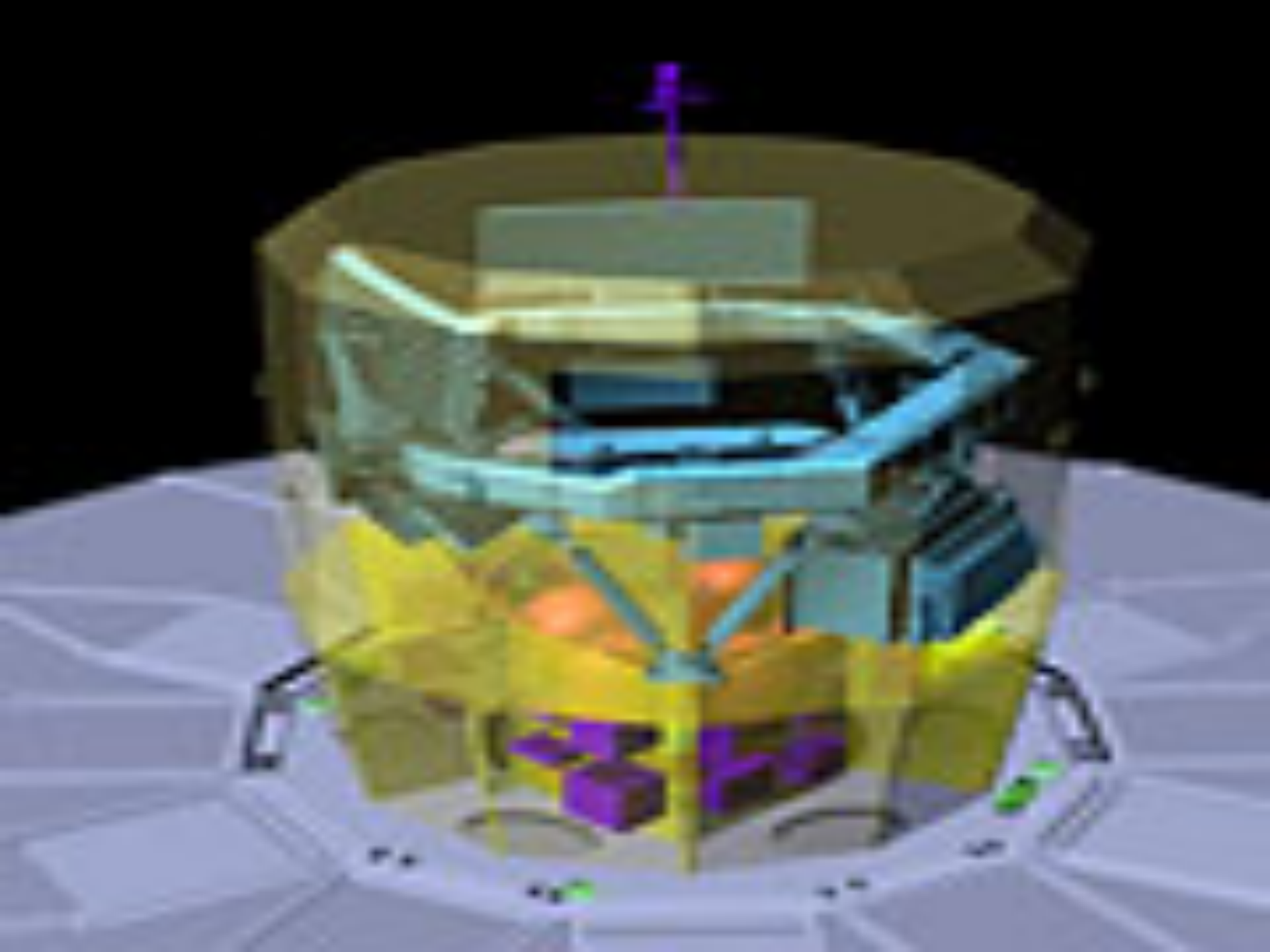


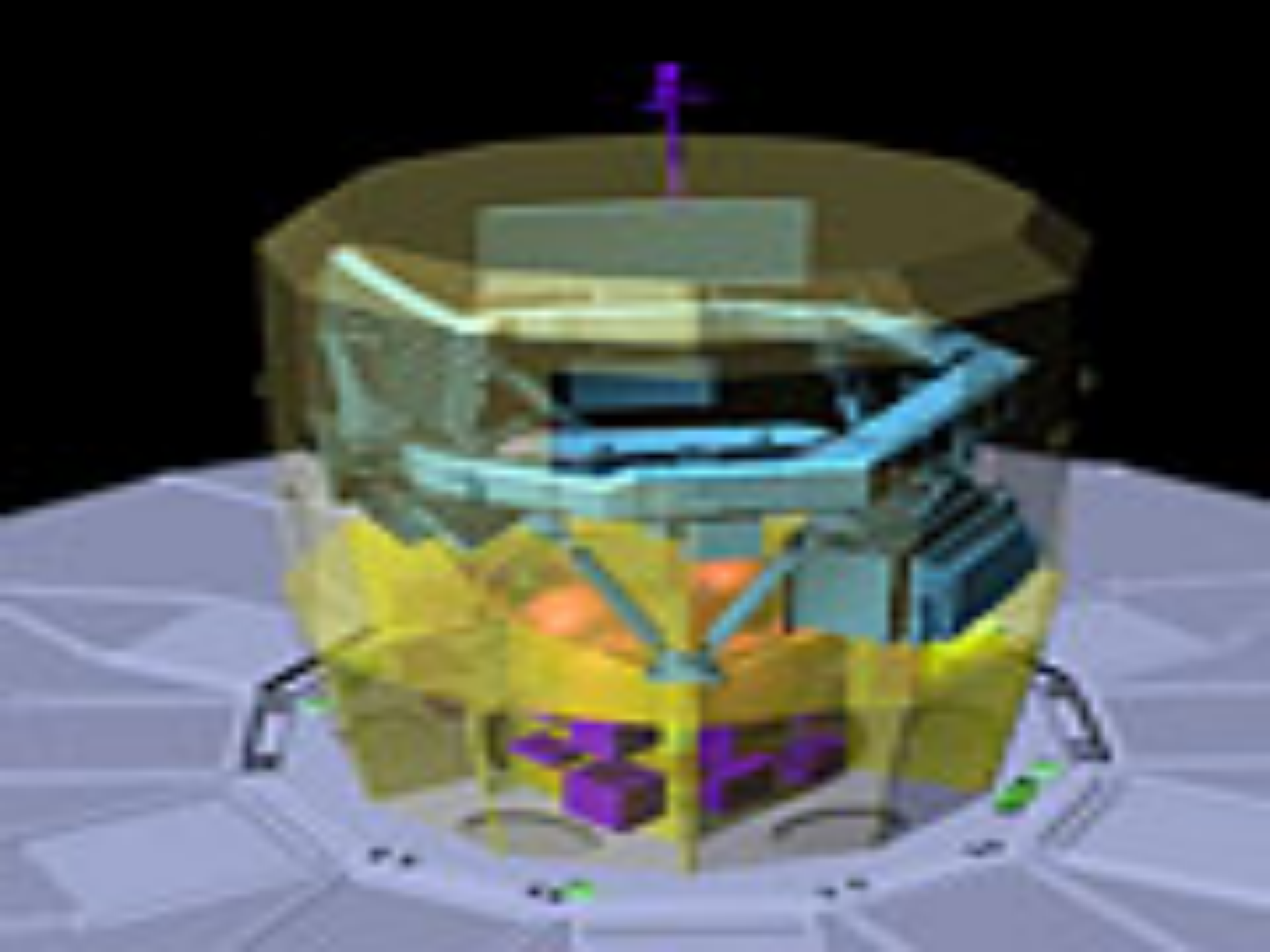












# Dados Interessantes

- Custo de 600 milhões de Euros
  - Pagos integralmente pela Agência Espacial Européia
  - Dados Comunitários, sem nenhum tipo de restrição
  - Equipe formada por cerca de 250 pesquisadores e de 30 a 40 estudantes de diversos países, principalmente europeus.
- 
- No Brasil tem 3 pesquisadores diretamente envolvidos:
  - Ramachrisna Teixeira (IAG-USP)
  - Alberto Martins (IAG-USP)
  - Alexandre Andrei (ON)

## Links úteis:

- [Leis de Kepler](#)

As 3 leis, com equações e animações

- [Órbitas e seções cônicas](#)

Suas aplicações às órbitas planetárias

- [O movimento orbital](#)

Sua dependência com as massas e parâmetros orbitais

- [Astronomy Workshop](#)

Uma poderosa ferramenta didática, com diversas animações

- [Solar Views](#)

Informações gerais e imagens sobre o sistema solar