

# *Missão Espacial Gaia*

*Núcleo Cosmo - UFES*  
*04/02/22*

*ESA/Gaia/DPAC*



*Ramachrisna Teixeira (Rama)*  
*IAG-USP*  
*[rama.teixeira@iag.usp.br](mailto:rama.teixeira@iag.usp.br)*





# observação



*medidas*

Astrometria

*intensidade*

*posição*

# base do conhecimento

*Quão longe...???*

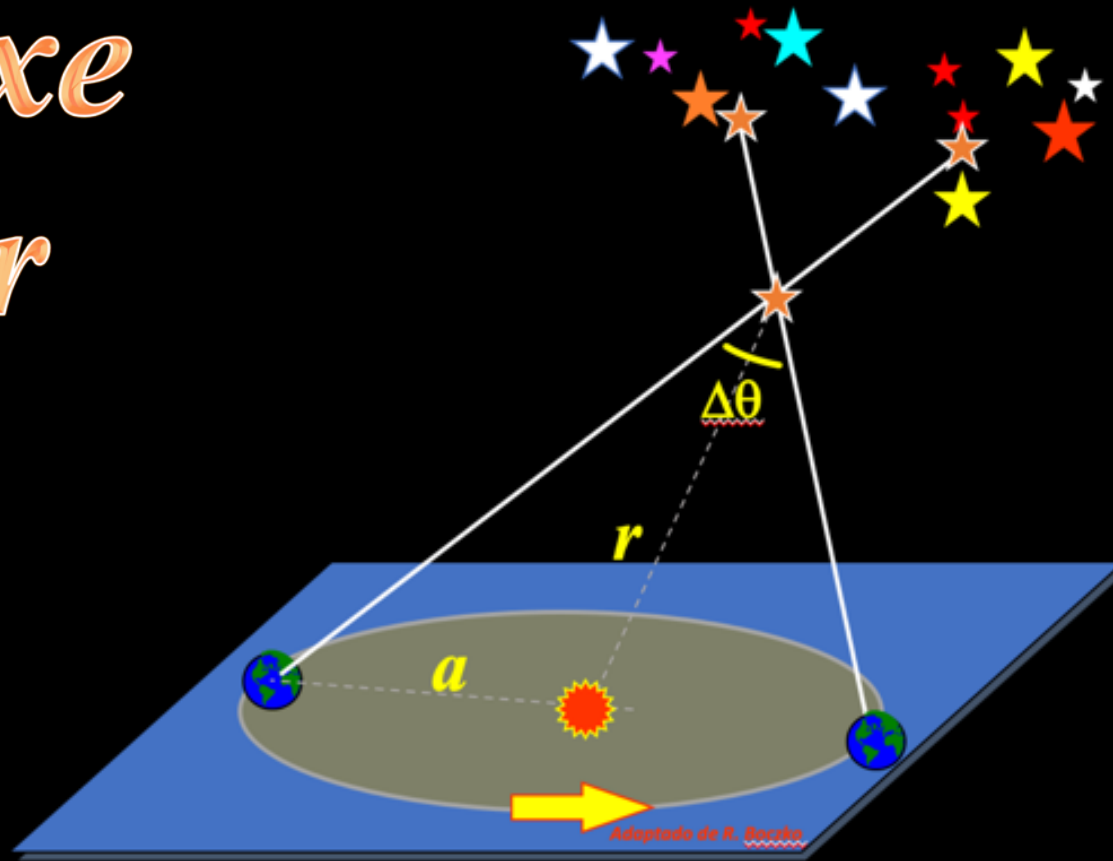
*distância  
grandeza mais  
importante da Astronomia*



*dimensões, estruturas,  
cinemática, dinâmica,  
massa, idade,  
matéria escura, etc.*



# *Paralaxe estelar*



- *Primeiro passo na determinação de distâncias*
- *Calibrador das demais estratégias*
- *Medidas mais diretas e precisas*



# *Interesse e Relevância*

*dependem  
do objeto e da precisão*



# *Precisão Astrométrica: evolução*

*Eratóstenes:  $\pm 150$  a.C.  $\Rightarrow \sim 1000''$*

*Tycho Brahe: sec. XVI  $\Rightarrow \sim 100''$*

*Halley, Bradley, Herschel: sec. XVIII  $\Rightarrow \sim 1''$*

*Bessel, Henderson, Struve: sec. XIX  $\Rightarrow \sim 0.5''$*

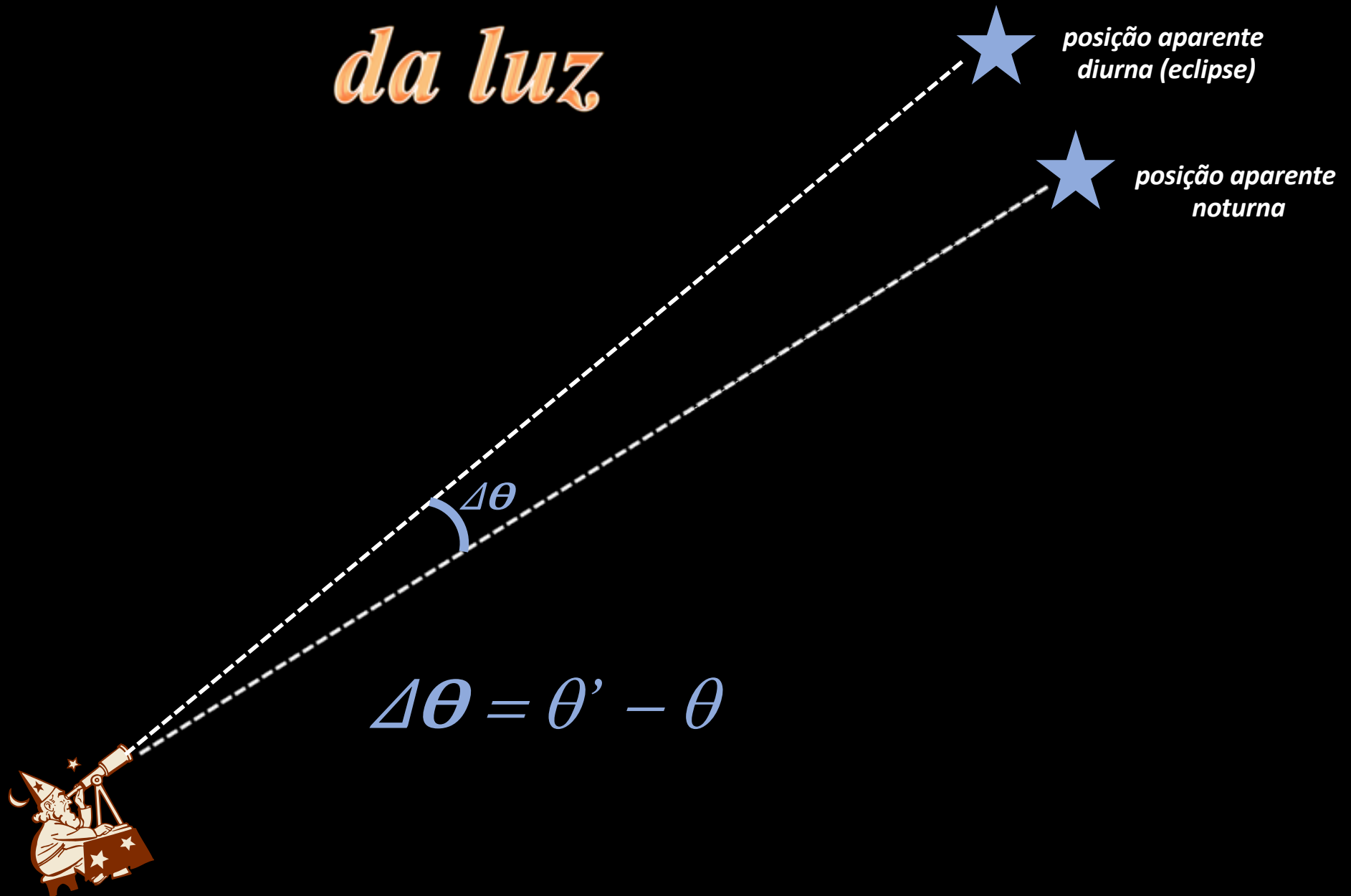
*Início sec. XX  $\Rightarrow \sim 0.1''$  (Sobral)*



# *Deflexão gravitacional da luz*



# *Deflexão gravitacional da luz*





**Cambridge**  
*Eddington - Cottingham*

*astrógrafo de 13/16 polegadas*

**Ilha de Príncipe - África**

**Greenwich**  
*Crommelin - Davidson*  
*astrógrafos de 13/16 e 4 polegadas*

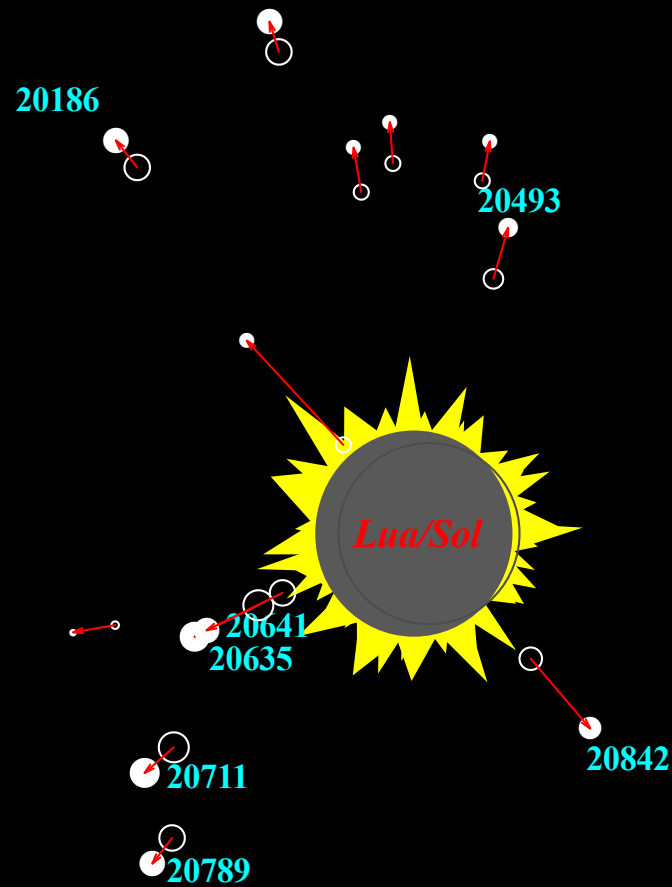
**Sobral – CE - Brasil**





*Deslocamento teórico  
aumentado de 1200 vezes*

*Sobral – CE  
29/05/1919*

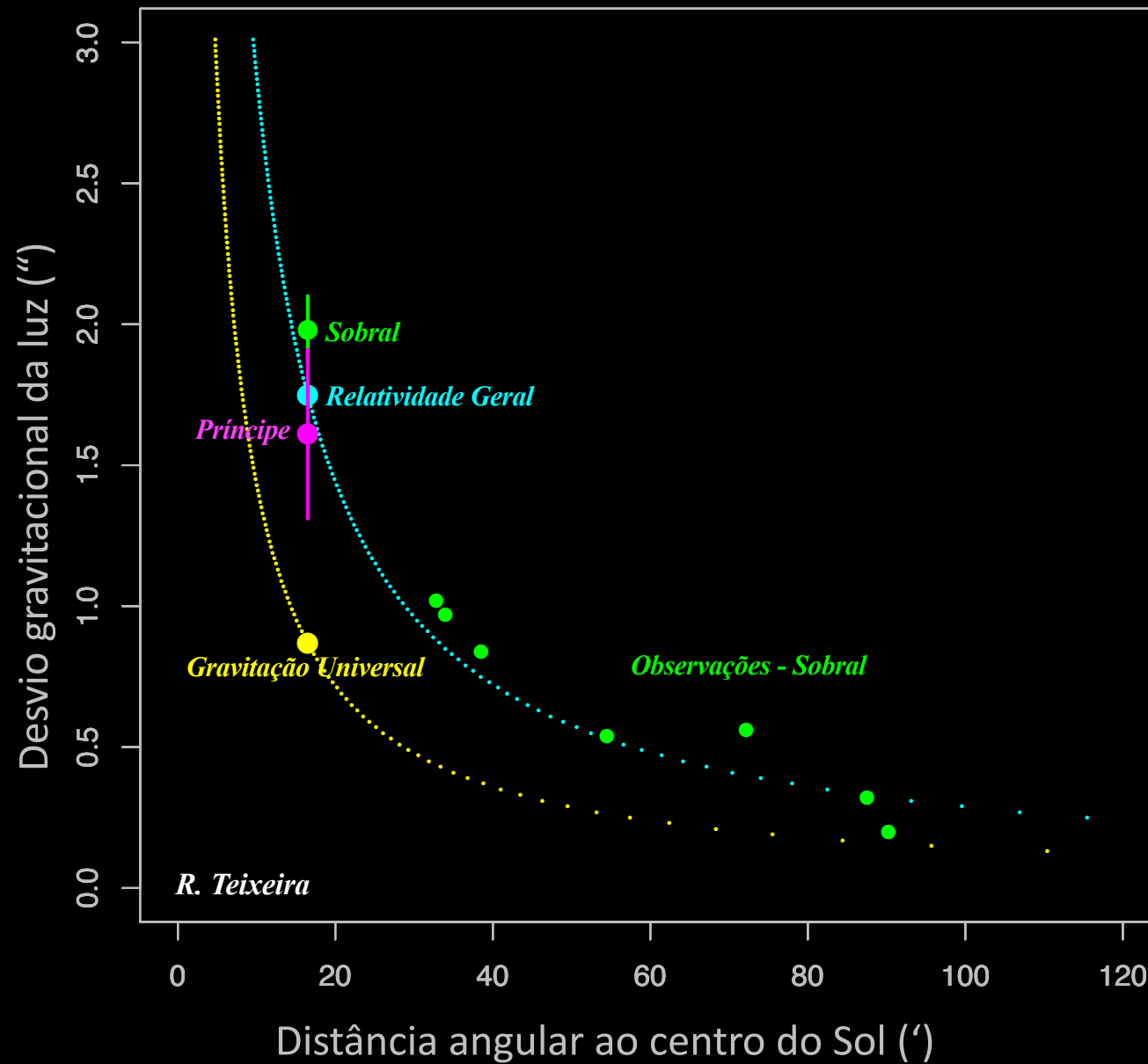


*Posições noturnas*



*Posições diurnas (eclipse)*

## Deflexão gravitacional da luz



# *Precisão Astrométrica: evolução*

*Eratóstenes:  $\pm 150$  a.C.  $\Rightarrow \sim 1000''$*

*Tycho Brahe: sec. XVI  $\Rightarrow \sim 100''$*

*Halley, Bradley, Herschel: sec. XVIII  $\Rightarrow \sim 1''$*

*Bessel, Henderson, Struve: sec. XIX  $\Rightarrow \sim 0.5''$*

*Início sec. XX  $\Rightarrow \sim 0.1''$  (Sobral)*

*Final sec. XX  $\Rightarrow \sim 0.001''$  (SMBH – HIPPARCOS)*



# *HIPPARCOS*

*High Precision Parallax Collecting Satellite*

*Lançamento: 1989 – Resultados: 1997*

*precisão  $\sim 0.001''$*



*paralaxes de  
120 mil estrelas*

# O que mudou?

| <br><u><i>PARALAXE</i></u> | <i>&lt; 1997</i> | <i>&gt; 1997<br/>(HIPPARCO)</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| <i>excelente</i><br>$\sigma_{\pi} / \pi < 0.1\%$                                                            | —————            | $\pm 3$                         |
| <i>muito boa</i><br>$0.1\% < \sigma_{\pi} / \pi < 1\%$                                                      | $\pm 10$         | $\pm 700$                       |
| <i>razoável</i><br>$1\% < \sigma_{\pi} / \pi < 10\%$                                                        | $\pm 1.000$      | $\pm 30.000$                    |

# O que mudou?

- *40% das estrelas vizinhas erroneamente classificadas.*
- *10% correção na escala de distância.*



*RR Lyrae 10 bilhões de anos*

*Universo 14 bilhões de anos*

# *MISSÃO ESPACIAL GAIA*

*precisão  $\sim 0.000010''$*



*$\sim 2$  bilhões de estrelas...*



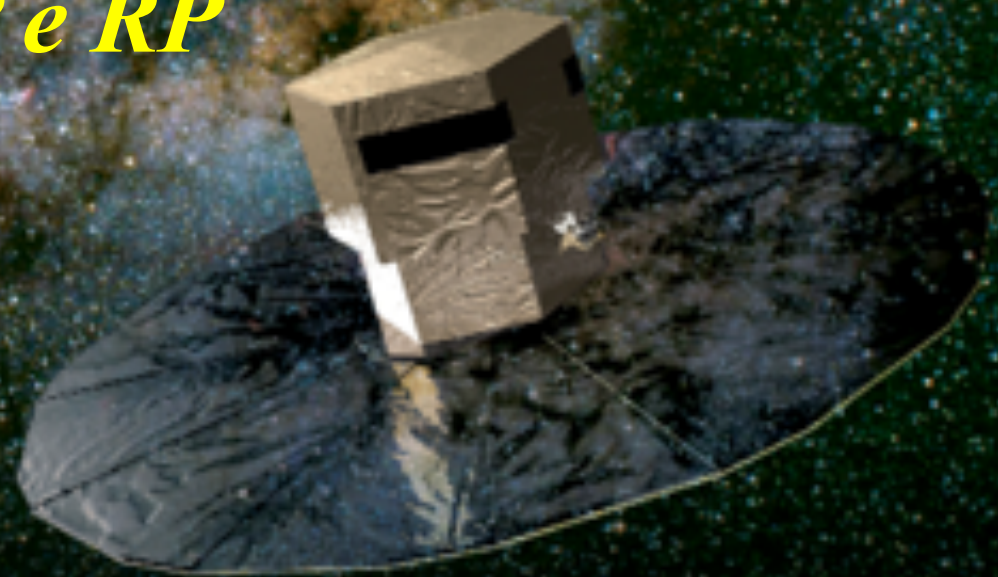
# *Conteúdo observacional*

*Posição, movimento próprio e paralaxe*

*Magnitudes  $G$  ( $<21$ ),  $B$  e  $R$*

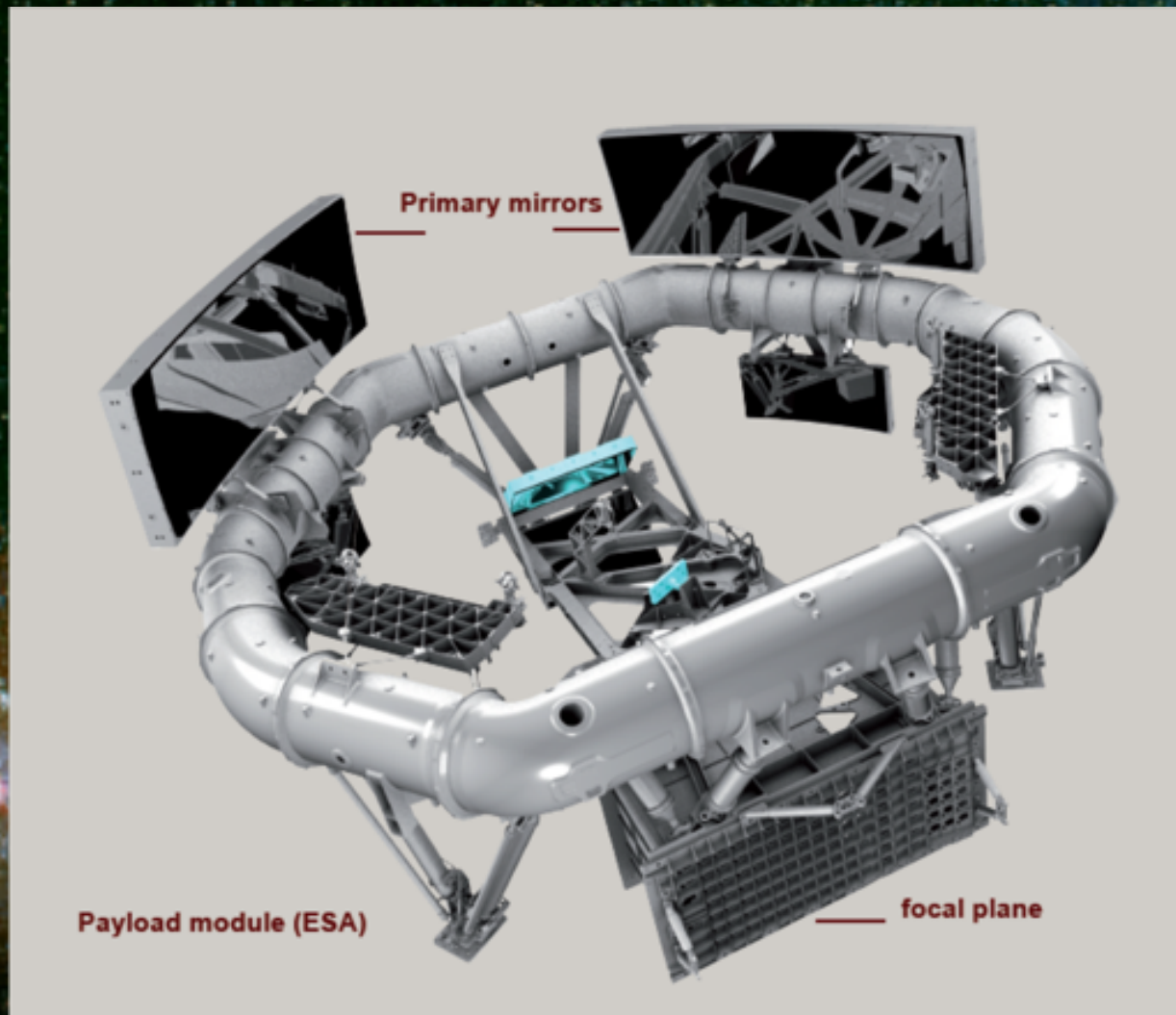
*Foto-espectro  $BP$  e  $RP$*

*Espectro  $V_R$*



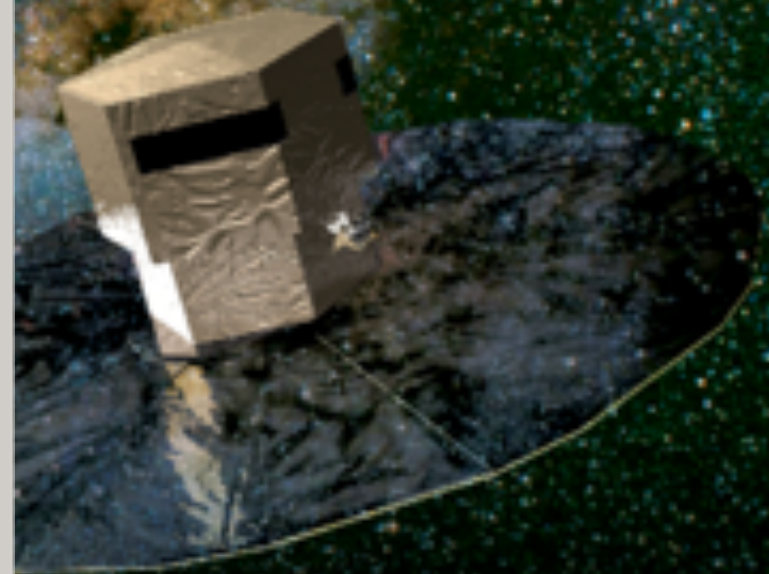


# Telescópios Gaia



## Gaia in numbers

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| Mass                             | - 2030 kg        |
| Dimensions                       |                  |
| Sunshield diameter               | - 11 m           |
| Thermal tent diameter            | - 3 m            |
| Thermal tent height              | - 2 m            |
| Number of telescopes             | - 2              |
| Focal distance of the telescopes | - 35 m           |
| Size of the primary mirrors      | - 1.45 m x 0.5 m |
| Total number of mirrors          | - 10             |
| Energy consumption               | - 1720 W         |
| Useful life                      | - 5 years        |
| Cost of hardware                 | - 700 million €  |



# *Sistema de detecção Gaia*

**106 solid state detectors of the focal plane detect the light of stars and galaxies.**



[a] Sensors to detect stellar objects.

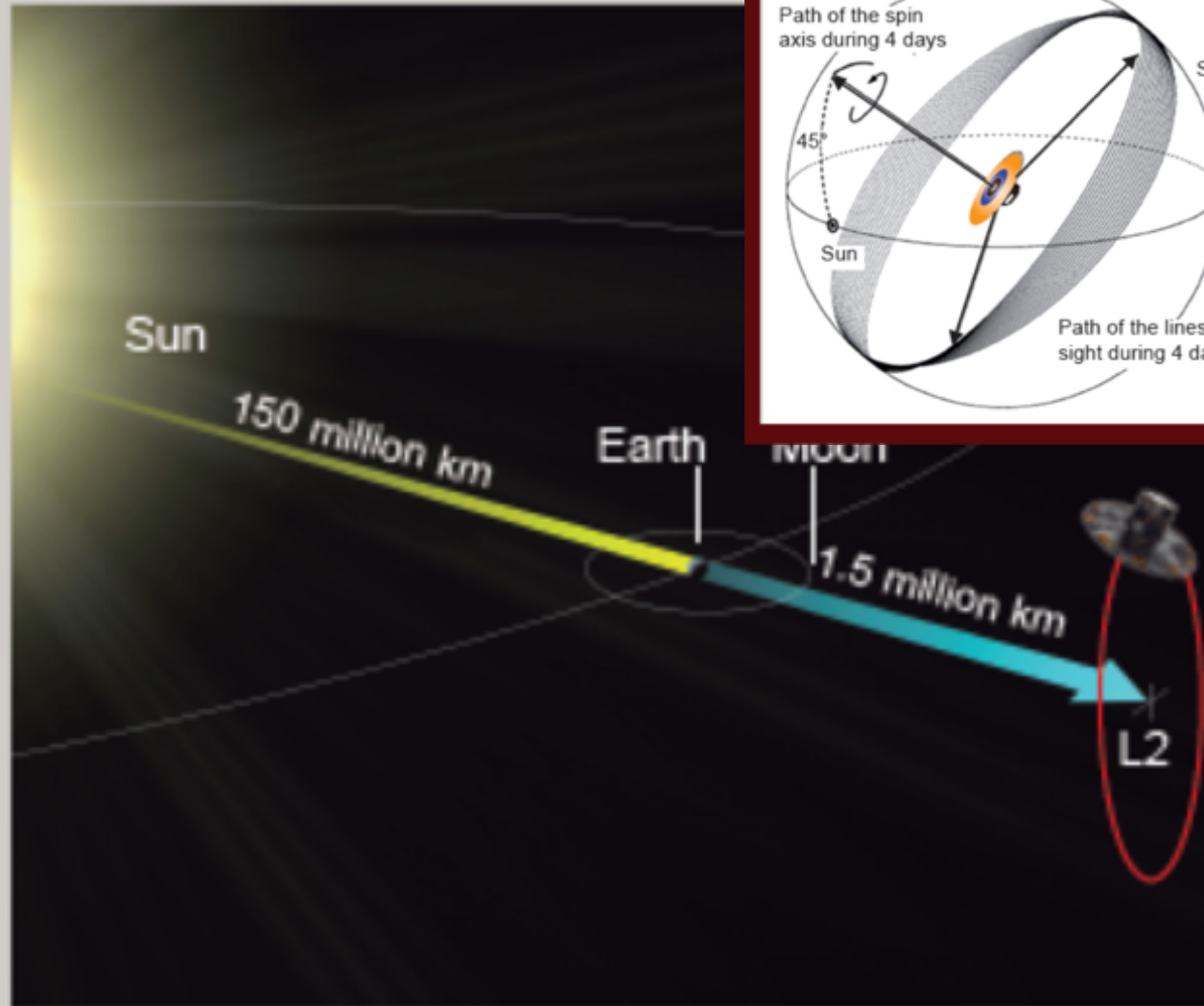
[b] Sensors to measure the position and brightness of these objects.

[c] Sensors to measure the colours of the stars

[d] Sensors for the spectrograph which splits the light into its different wavelengths.



# Órbita Gaia

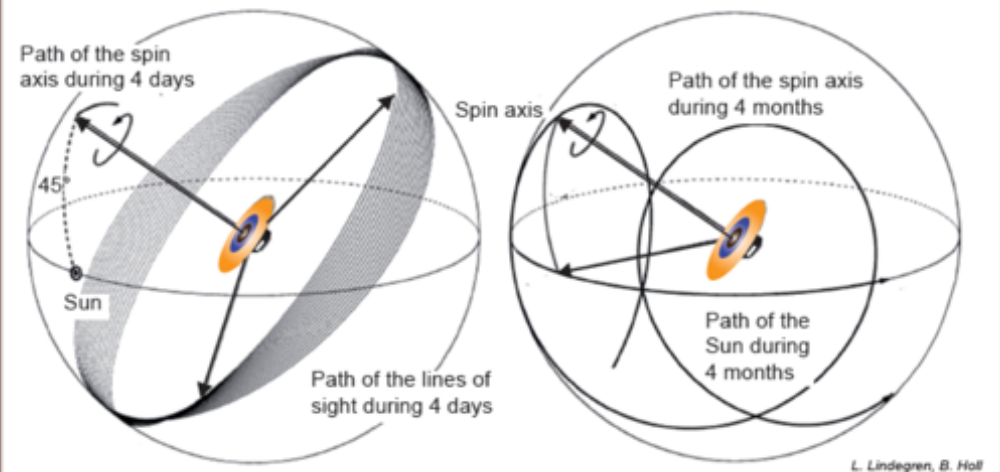


## The rotation of Gaia

Gaia completes one full revolution every six hours. Simultaneously the spin axis precesses around the direction towards the Sun at a

constant angle of 45 degrees once in 63 days.

The combination of these motions allows GAIA to scan the entire sky.





# *Observações Gaia (07/2014)*

# *Resultados*

*disponibilizado ao mesmo tempo  
para o mundo todo*

*DR1 – 09/2016 – 14 meses*

*DR2 – 04/2018 – 22 meses*

*EDR3 – 12/2020 – 34 meses*

*DR3 ~ 06/2022 – 34 meses*

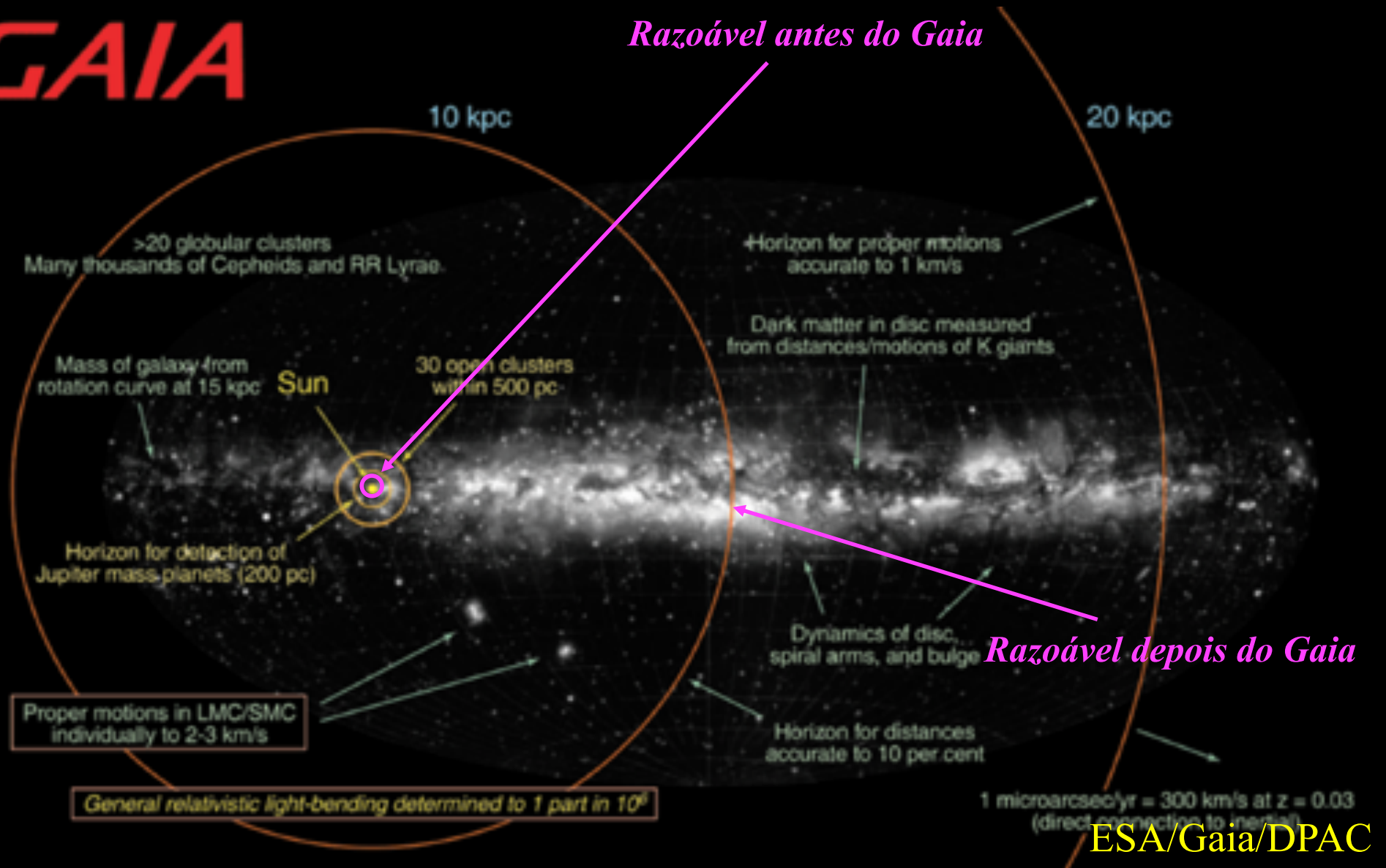
# *Era Gaia*

| <br><u><i>PARALAXE</i></u> | <i>HIPPARCOS</i> | <i>Gaia</i>               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
| <i>excelente</i><br>$\sigma_{\pi} / \pi < 0.1\%$                                                            | $\pm 3$          | $\pm 100 \text{ mil}$     |
| <i>muito boa</i><br>$\sigma_{\pi} / \pi < 1\%$                                                              | $\pm 700$        | $\pm 10 \text{ milhões}$  |
| <i>razoável</i><br>$\sigma_{\pi} / \pi < 10\%$                                                              | $\pm 30.000$     | $\pm 100 \text{ milhões}$ |

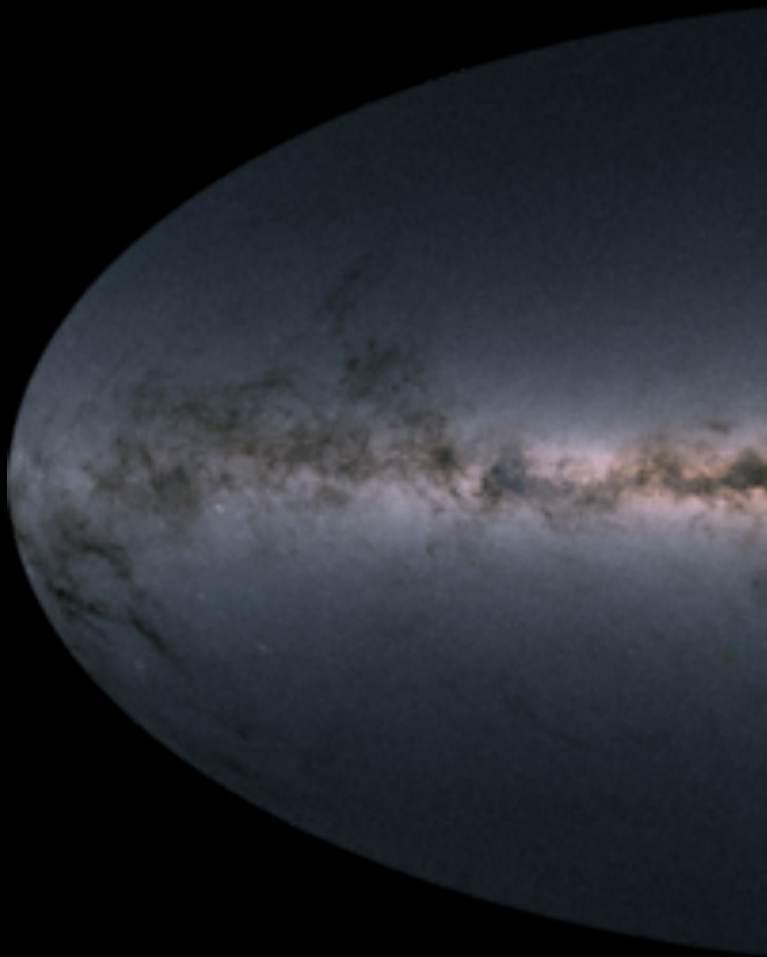


# Era Gaia

## GAIA

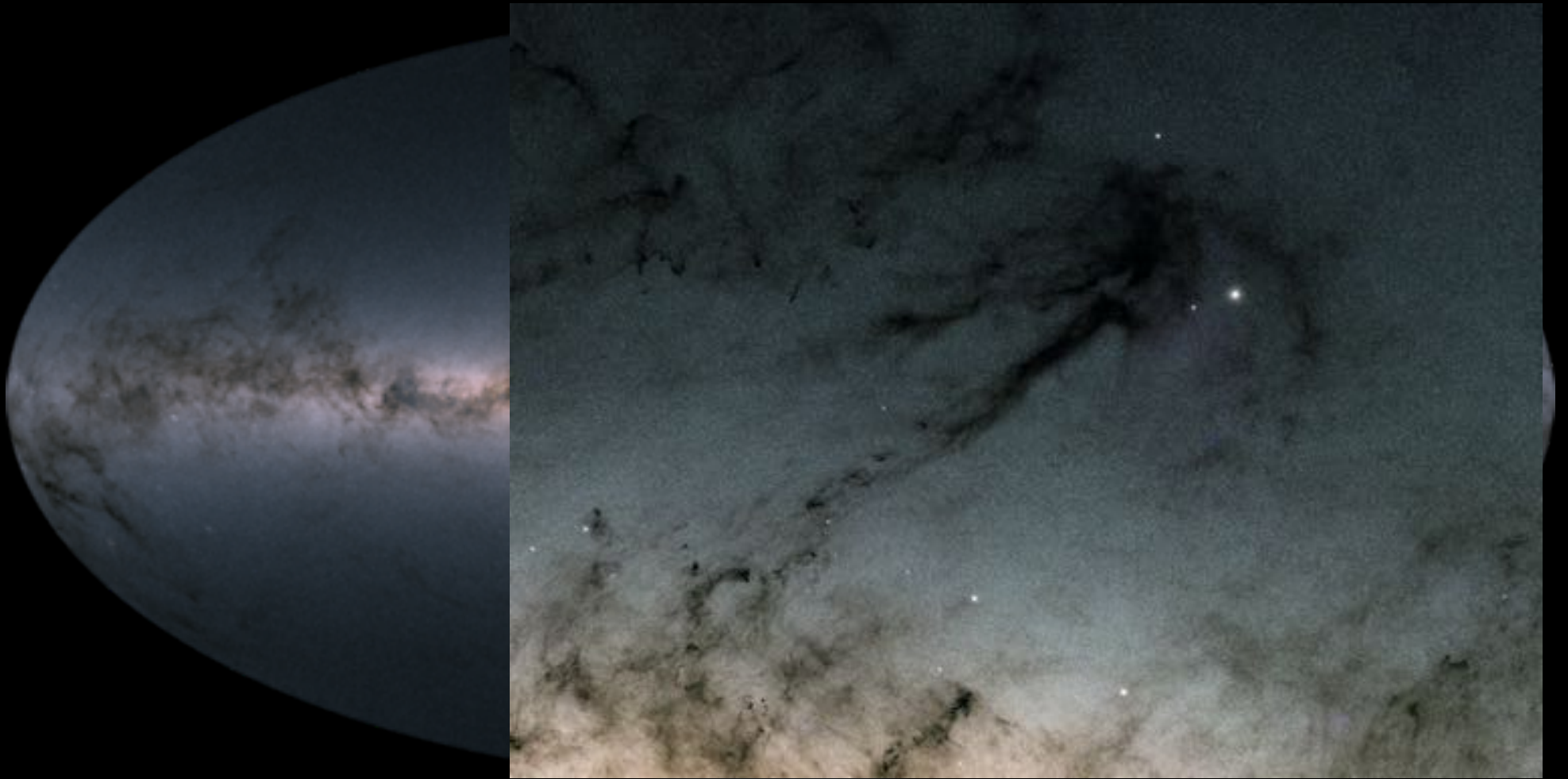


# *Era Gaia*



ESA/Gaia/DPAC

# *Era Gaia*



ESA/Gaia/DPAC

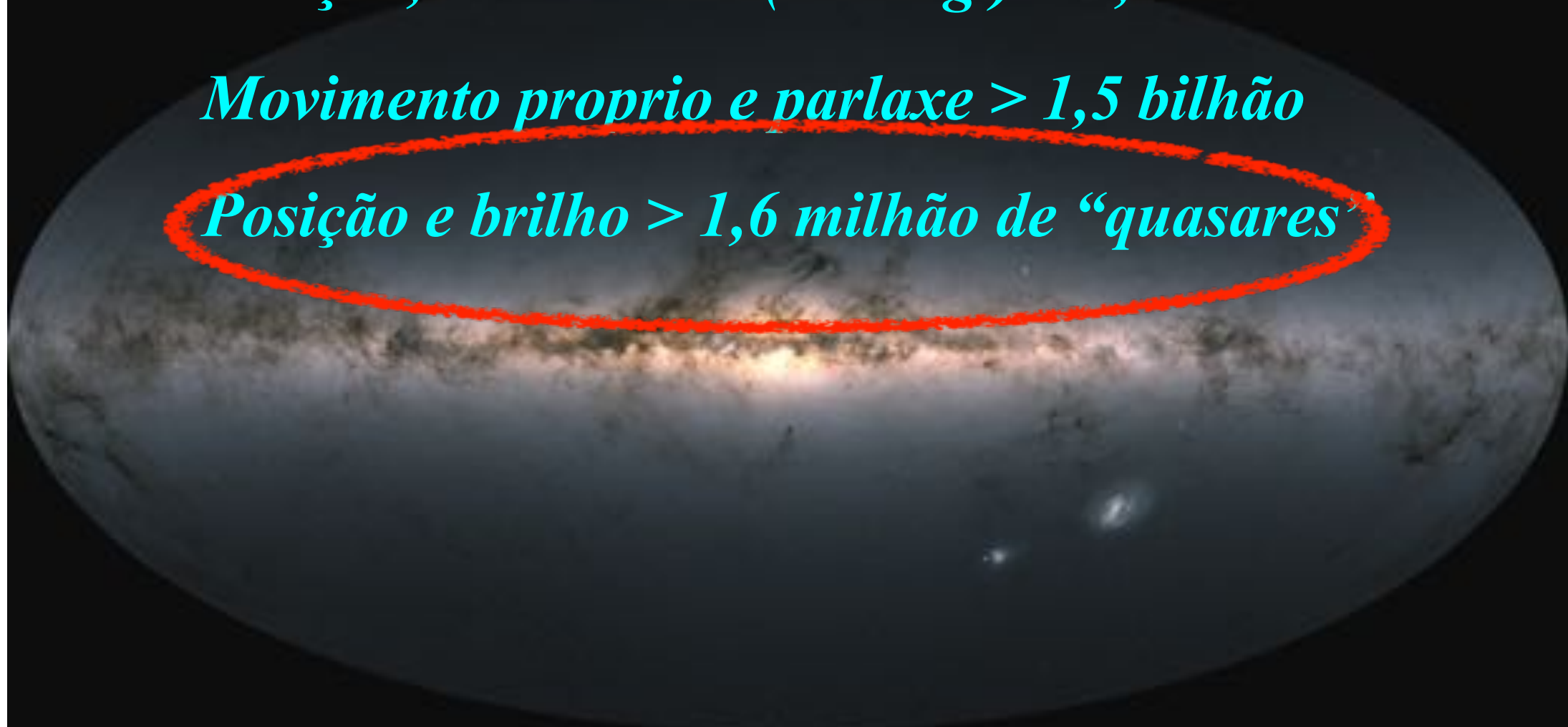


# *Era Gaia*

*Posição, brilho e cor (21 mag.) > 1,8 bilhão*

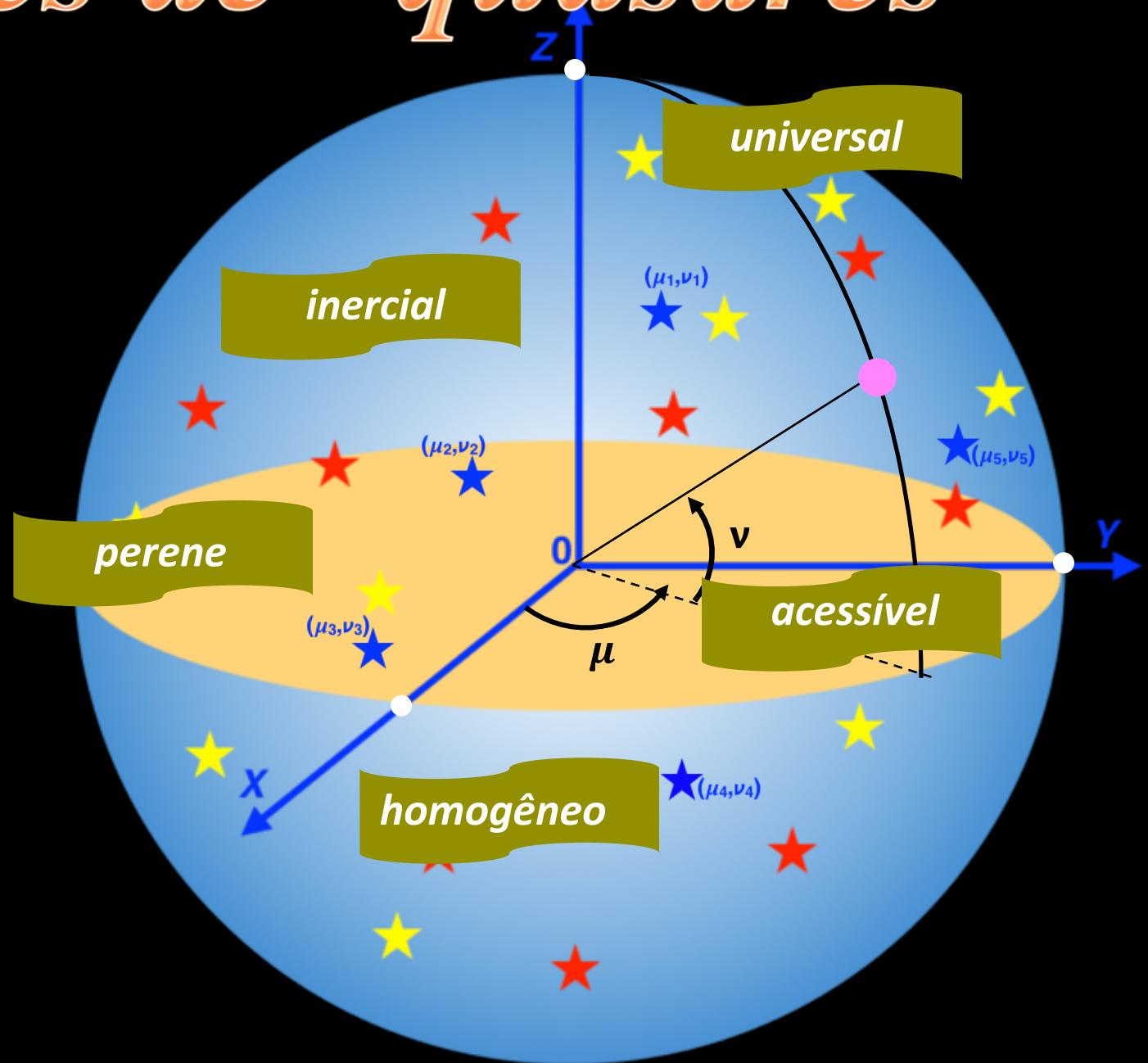
*Movimento proprio e paralaxe > 1,5 bilhão*

*Posição e brilho > 1,6 milhão de “quasares”*



# *posições de “quasares”*

## *Sistema de Referência Espacial*



# International Celestial Reference Frame (ICRF3)

300 fontes definidoras





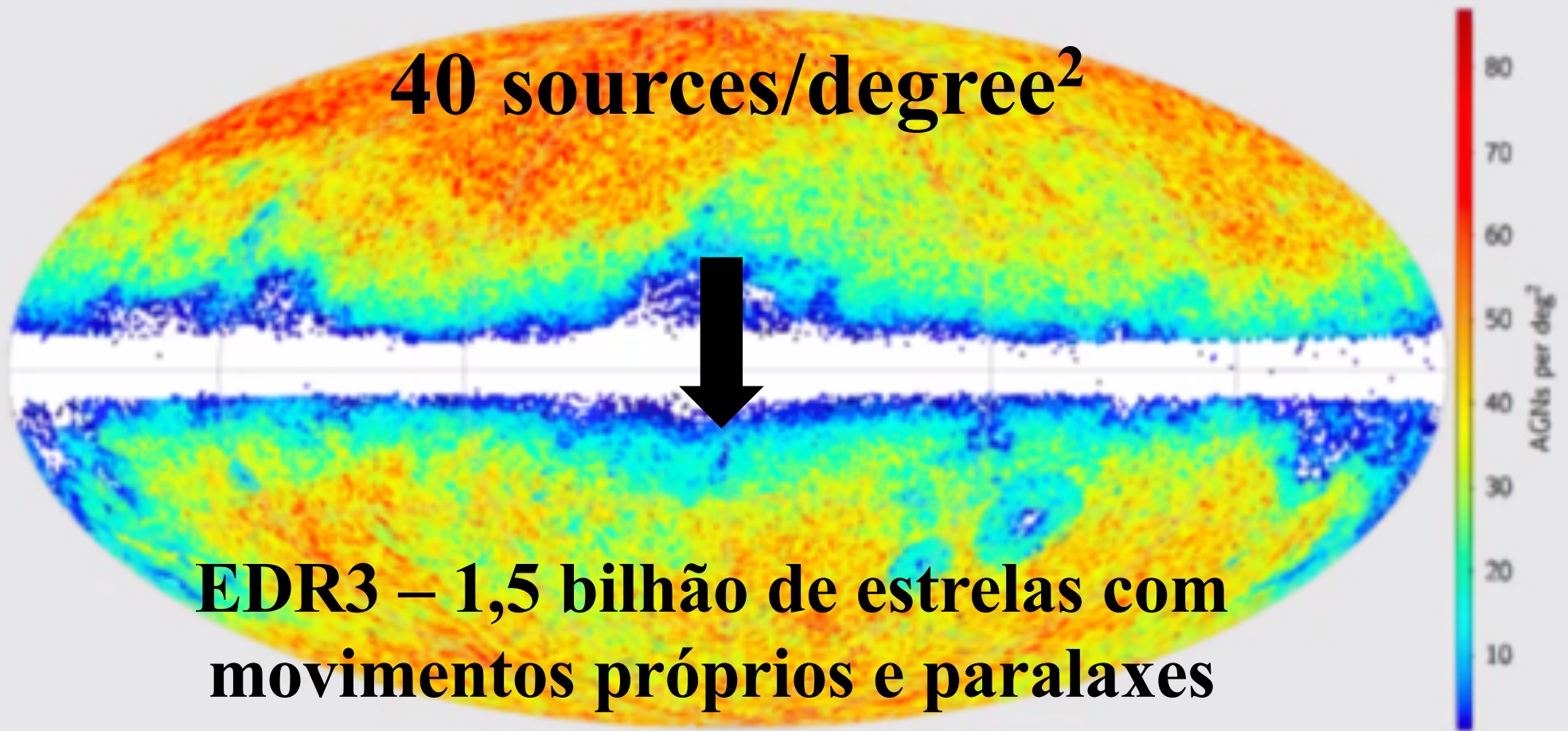
# Gaia Celestial Reference Frame

$\pm 1,6$  milhão de “quasares”

**40 sources/degree<sup>2</sup>**



**EDR3 – 1,5 bilhão de estrelas com  
movimentos próprios e paralaxes**



# *Era Gaia*

*Posição, brilho e cor (21 mag.) > 1,8 bilhão*

*Movimento proprio e parlaxe > 1,5 bilhão*

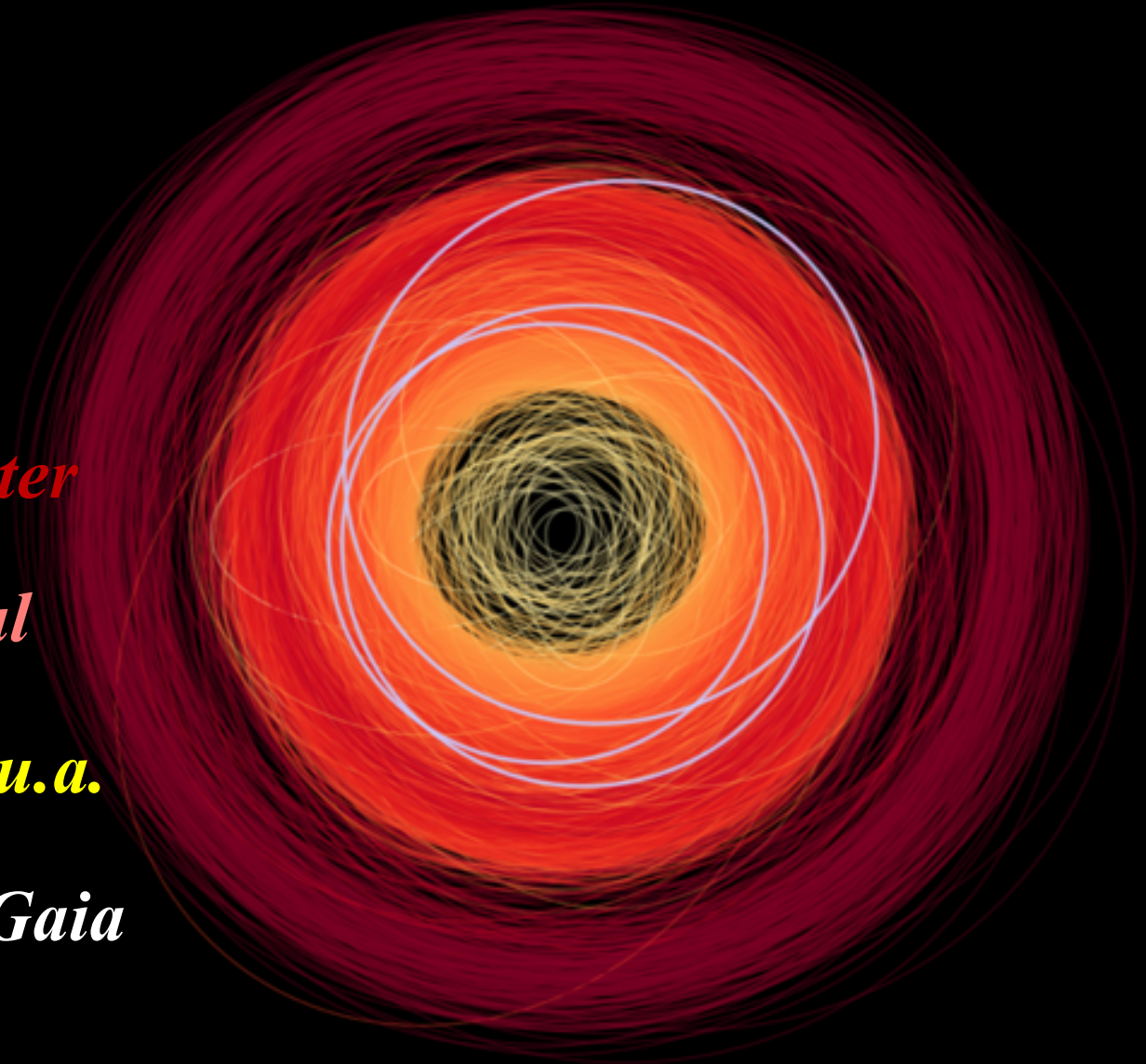
*Posição e brilho > 1,6 milhão de “quasares”*

*Velocidade radial > 7 milhões*

*Órbitas e brilhos > 14 mil asteroides conhecidos*

# *Gaia - Asteroides*

- *Troianos de Júpiter*
- *Cinturão principal*
- *NEAs –  $d_{per} < 1,3 \text{ u.a.}$*
- *Descobertos pelo Gaia*





# *Era Gaia*

*Posição, brilho e cor (21 mag.) > 1,8 bilhão*

*Movimento proprio e paralaxe > 1,5 bilhão*

*Posição e brilho > 1,6 milhão de “quasares”*

*Velocidade radial > 7 milhões*

*Órbitas e brilhos > 14 mil asteroides conhecidos*

*Estrelas variáveis > 550 mil (10 mil Cefeidas)*

*Temperaturas > 160 milhões*

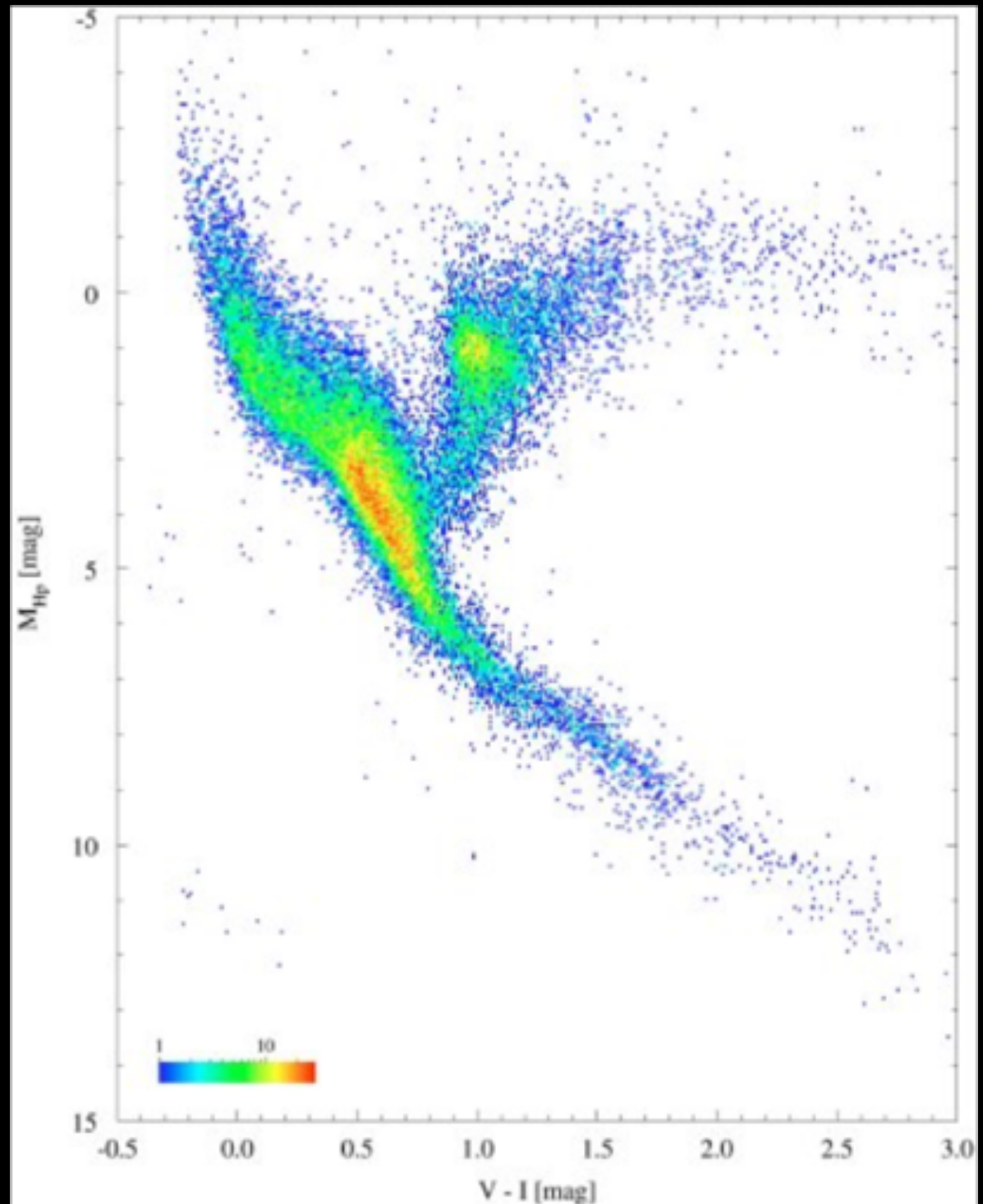
*Luminosidade e raio > 70 milhões*

*Luminosidades*

**Diagrama**  
**HR**

**HIPPARCOS**

*40 mil estrelas*



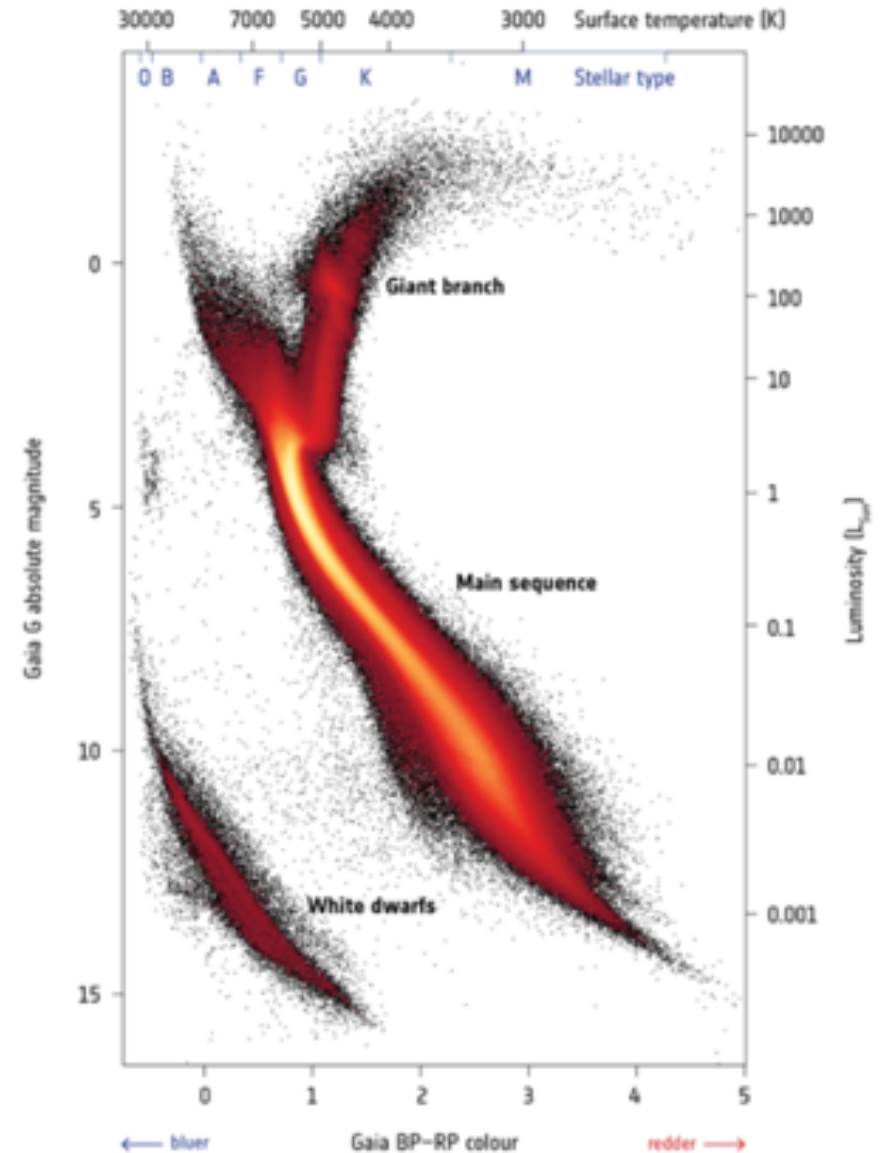
# *Luminosidades*

## Diagrama HR

# Gaia

*4,3 milhões de estrelas  
a menos de 5 mil a.l.*

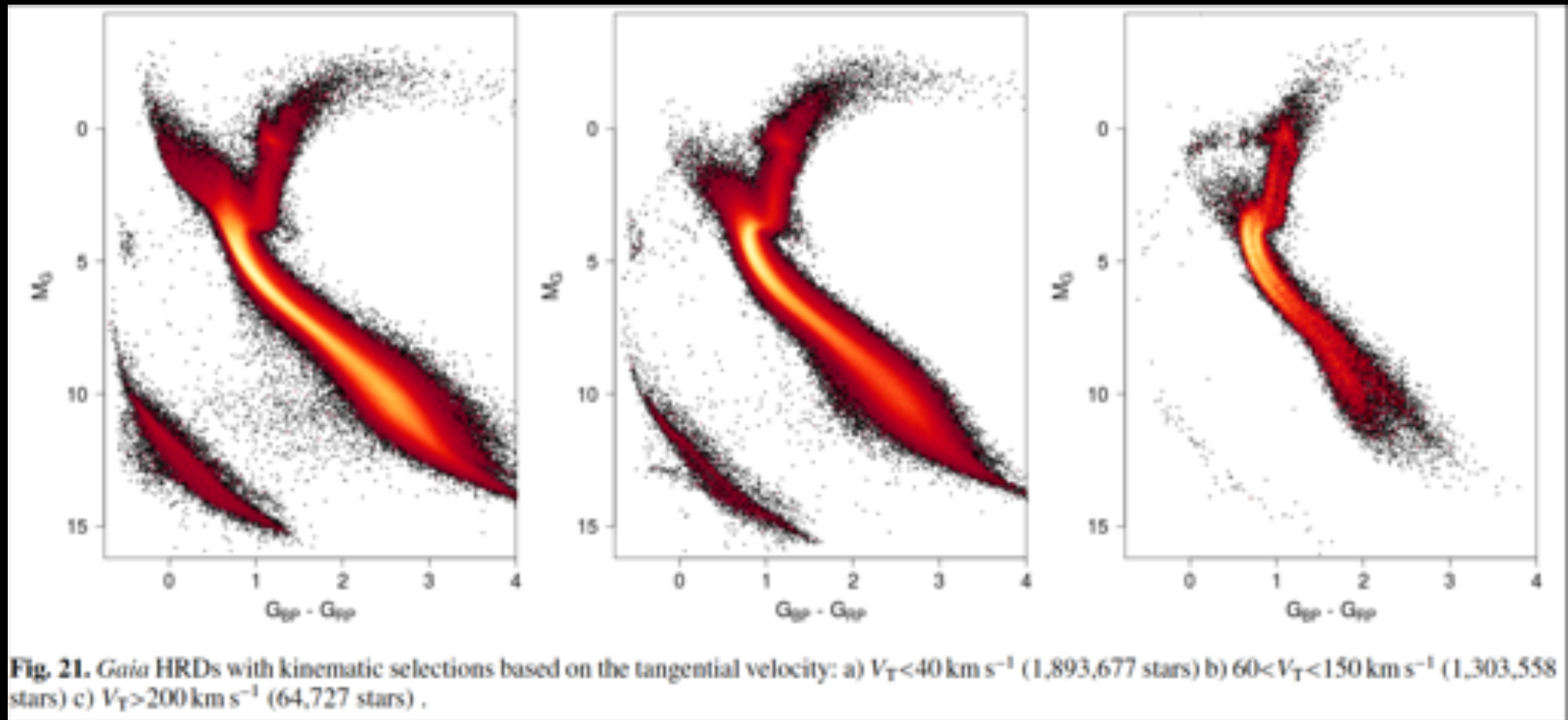
→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM





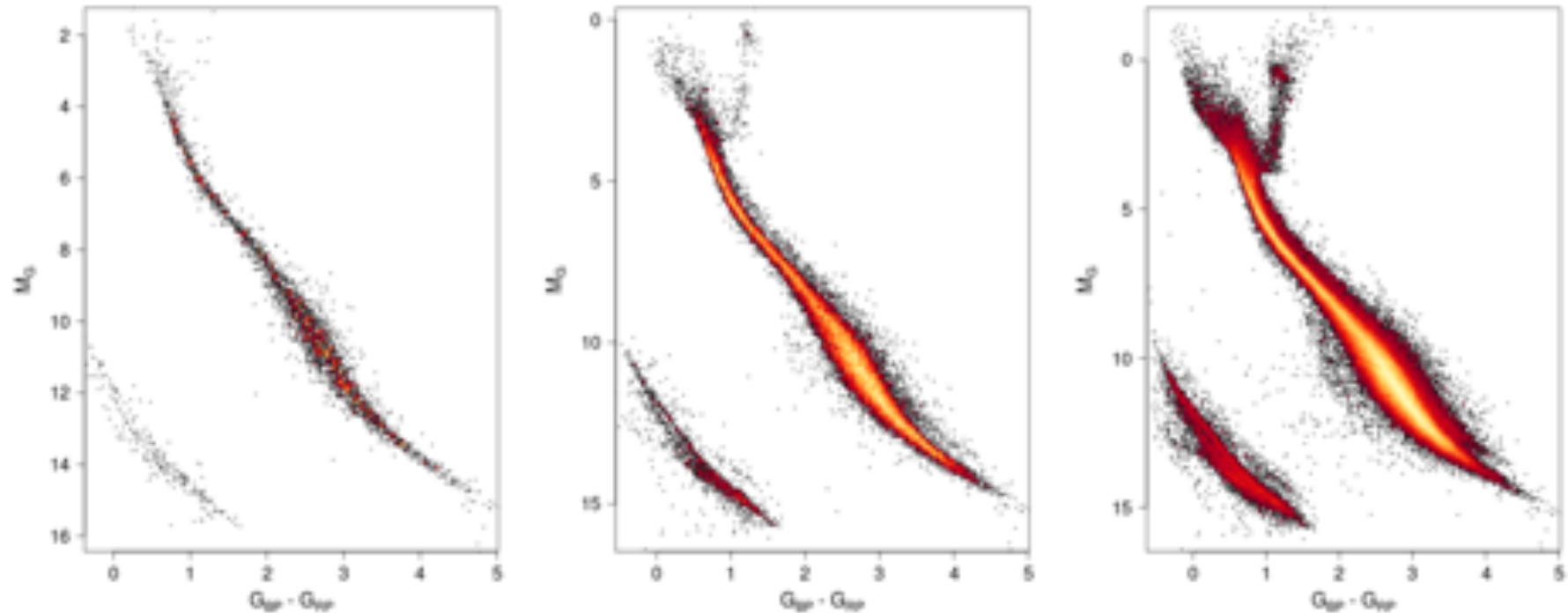
# Diagrama HR Gaia

“Gaia Data Release 2. Observational Hertzsprung-Russell diagrams”  
A & A, 2018, 616, id.A10, 29 pp.



# Diagrama HR Gaia

“Gaia Data Release 2. Observational Hertzsprung-Russell diagrams”  
A & A, 2018, 616, id.A10, 29 pp.



**Fig. 6.** Solar neighbourhood *Gaia* HRDs for a)  $\varpi > 40$  mas (25 pc, 3,724 stars) b)  $\varpi > 20$  mas (50 pc, 29,683 stars) c)  $\varpi > 10$  mas (100 pc, 212,728 stars).

# Diagrama HR Gaia

“Gaia Data Release 2. Observational Hertzsprung-Russell diagrams”  
A & A, 2018, 616, id.A10, 29 pp.

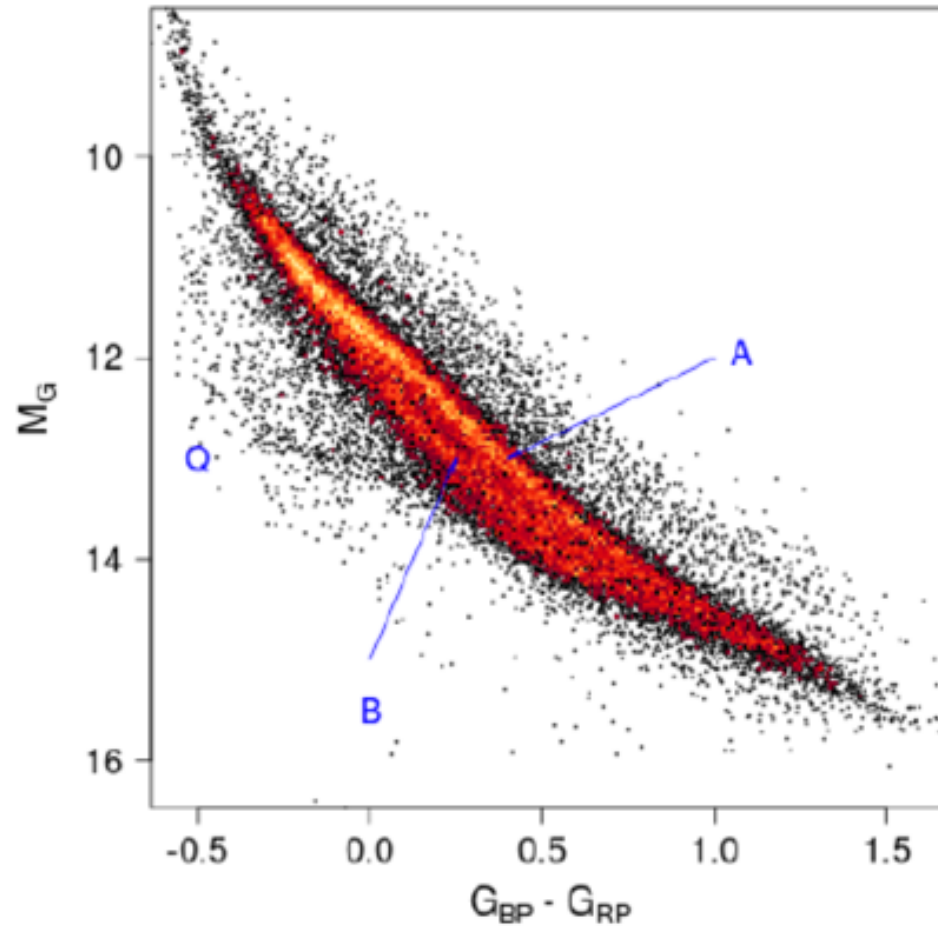


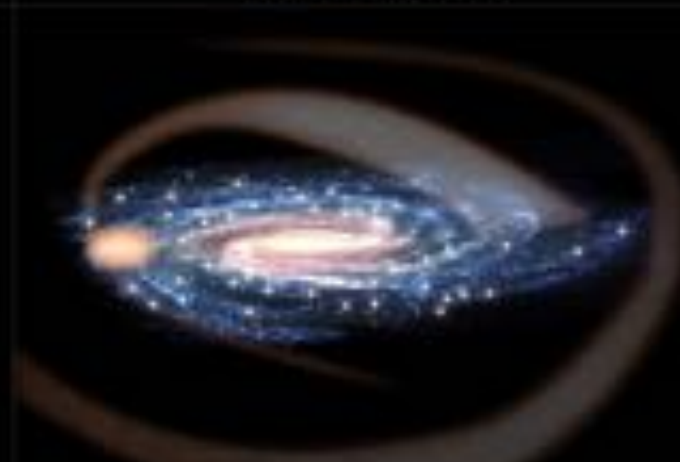
Fig. 13. *Gaia* HRD of white dwarfs with  $\sigma_w/w < 5\%$  (26,264 stars), with letter labels to the features discussed in the text.



# *surtos de formação de estrelas na Via Láctea*

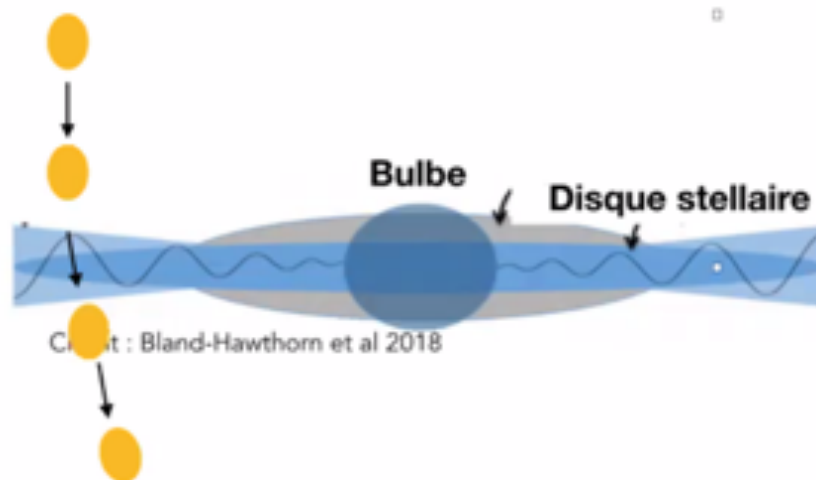


8 billion years ago



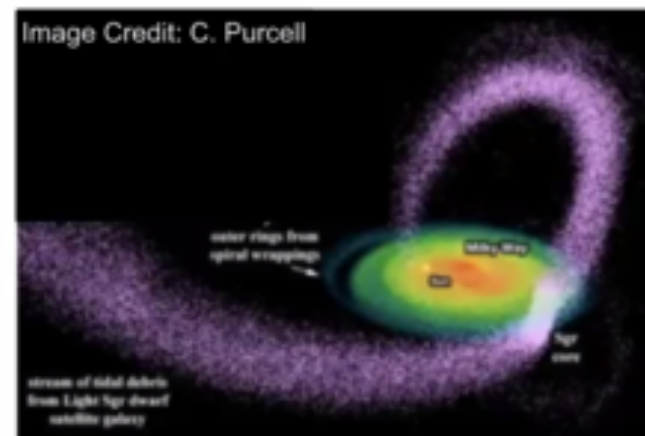
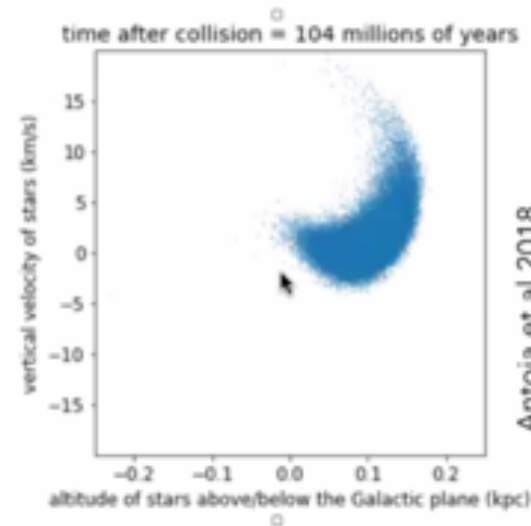
# *oscilações perpendiculares ao disco galáctico*

## GAIA ET LES OSCILLATIONS VERTICALES DANS LE DISQUE GALACTIQUE

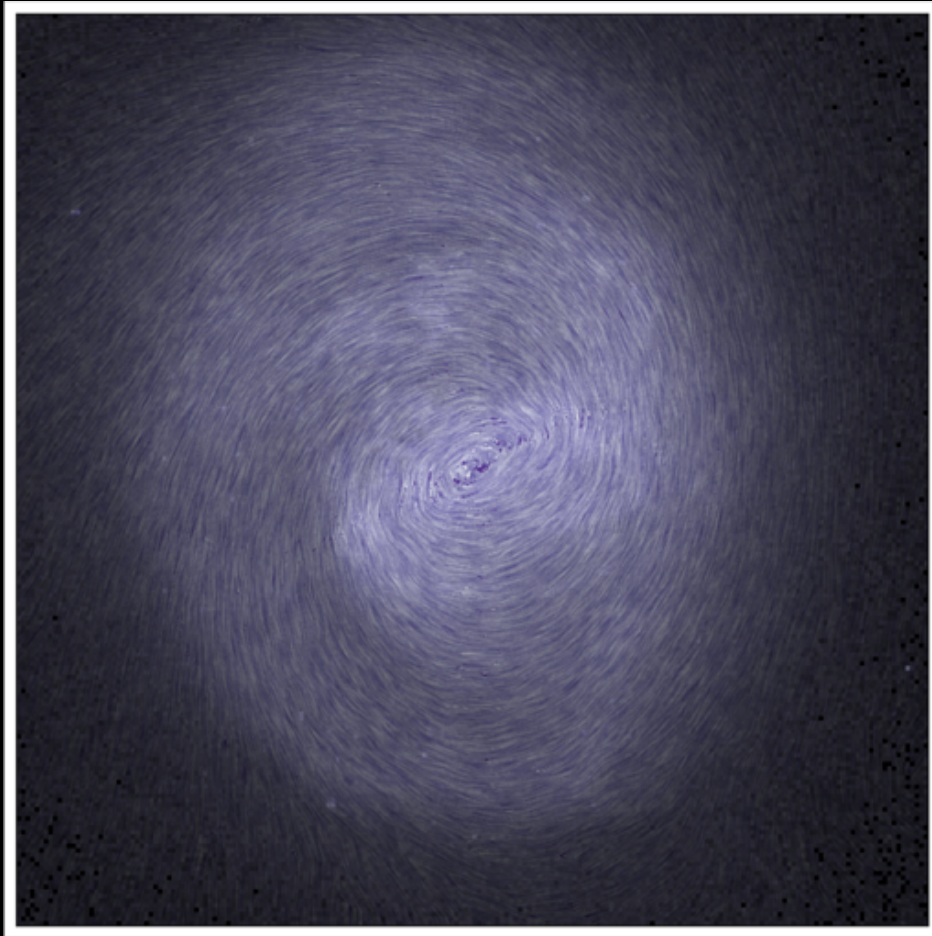


Oscillations possiblement produites  
par le passage d'un satellite il y a  
500 Myr environ.

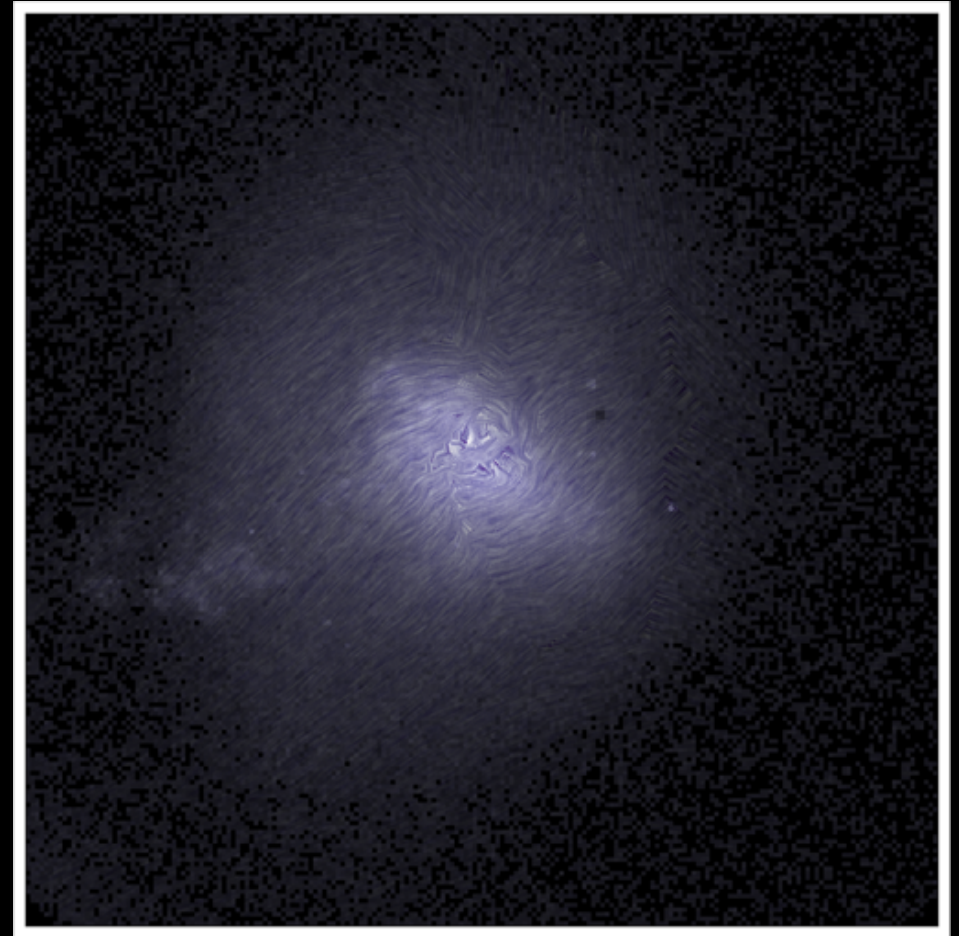
Traces du dernier passage de la galaxie  
naine de Sagittaire à travers le disque  
Galactique ?



# *Núvens de Magalhães movimentos próprios*



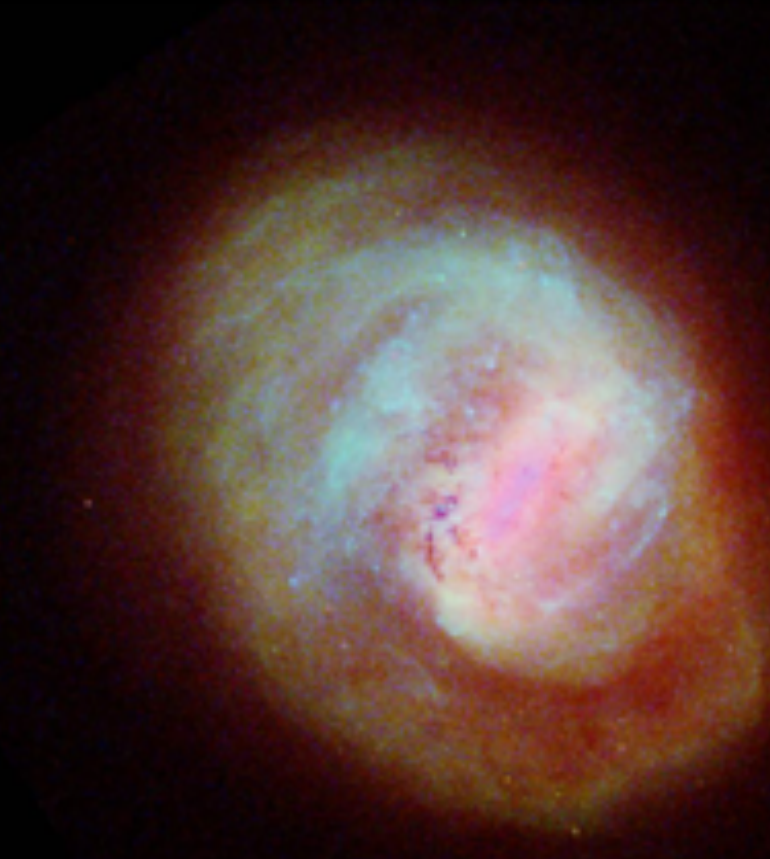
*Grande Nuvem*



*Pequena Nuvem*



# *Ponte de Magalhães*

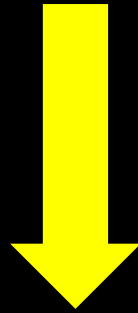


*Grande Nuvem*



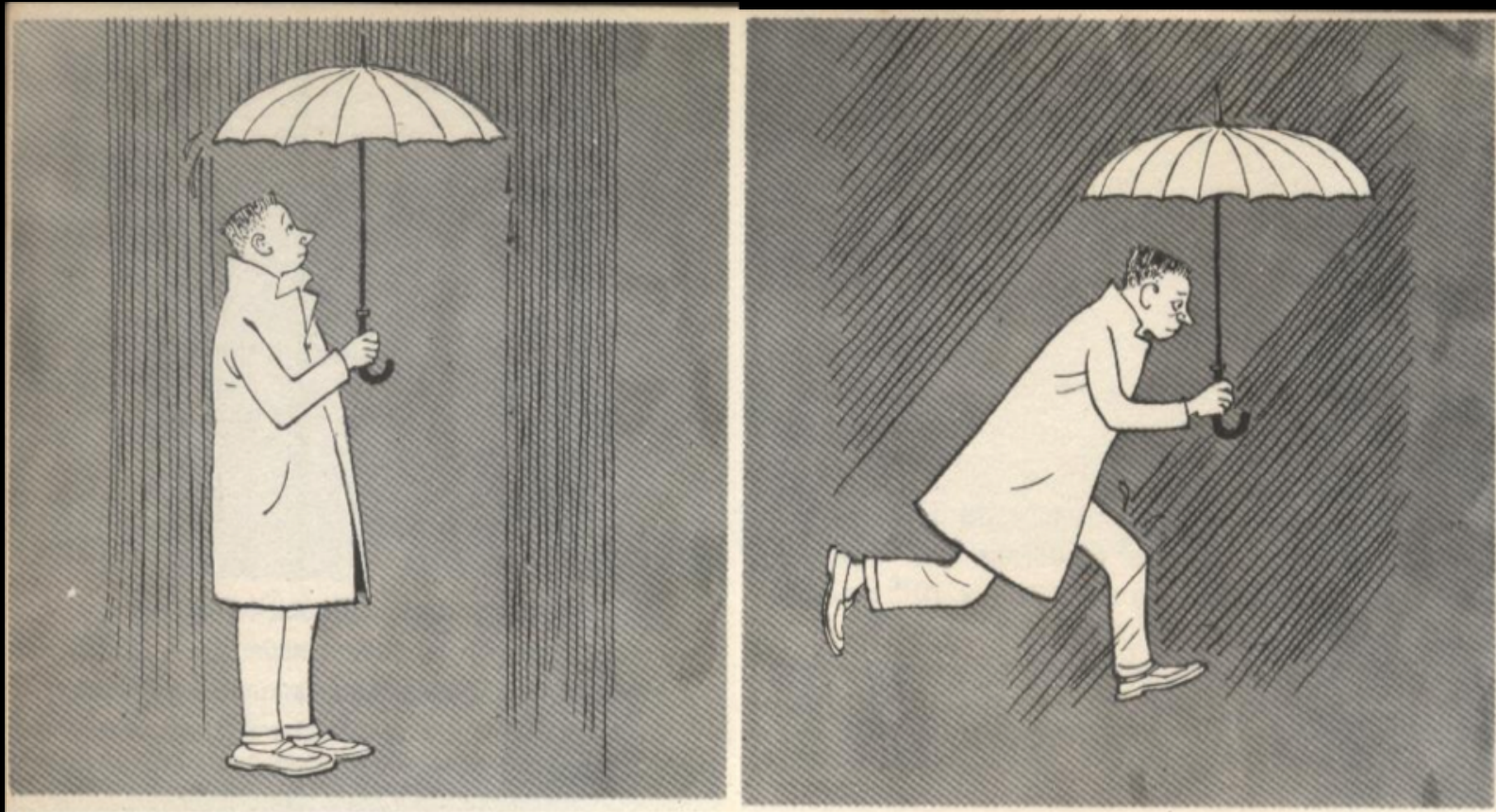
*Pequena Nuvem*

# *Aceleração Baricentro do Sistema Solar*



*padrão nos movimentos próprios dos  
“quasares” induzido pela aberração secular*

# *Aberração*





# *Aceleração Baricentro SS*

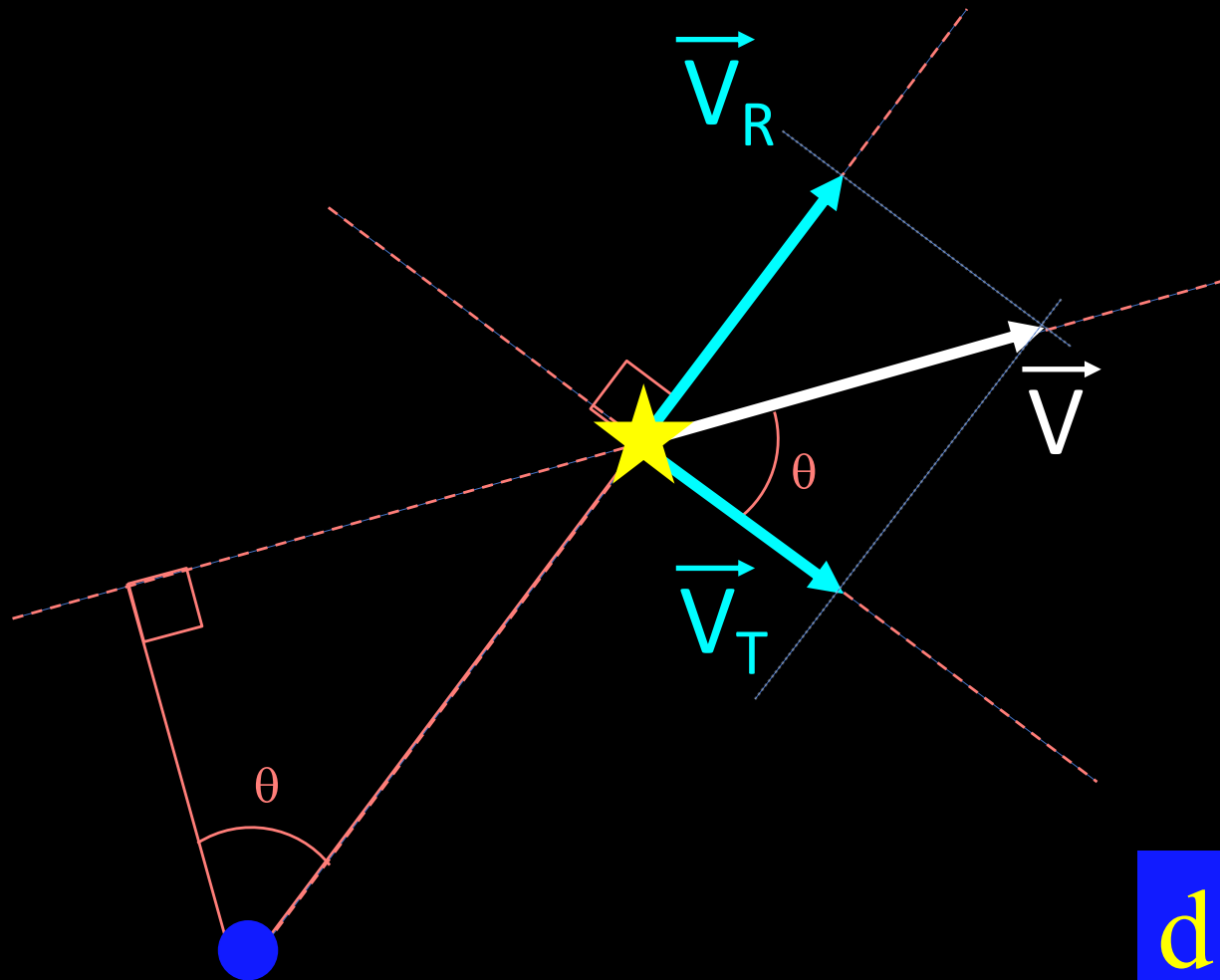
$$(5.05 \pm 0.35) 10^{-6} ''/\text{ano}$$

$$(2.32 \pm 0.16) \times 10^{-10} \text{ m.s}^{-2}$$



*Gaia Collaboration, A&A, 649A, 9G, 2021*

# *Aceleração perspectiva*



$$V_R = V \cdot \sin\theta = dr/dt$$

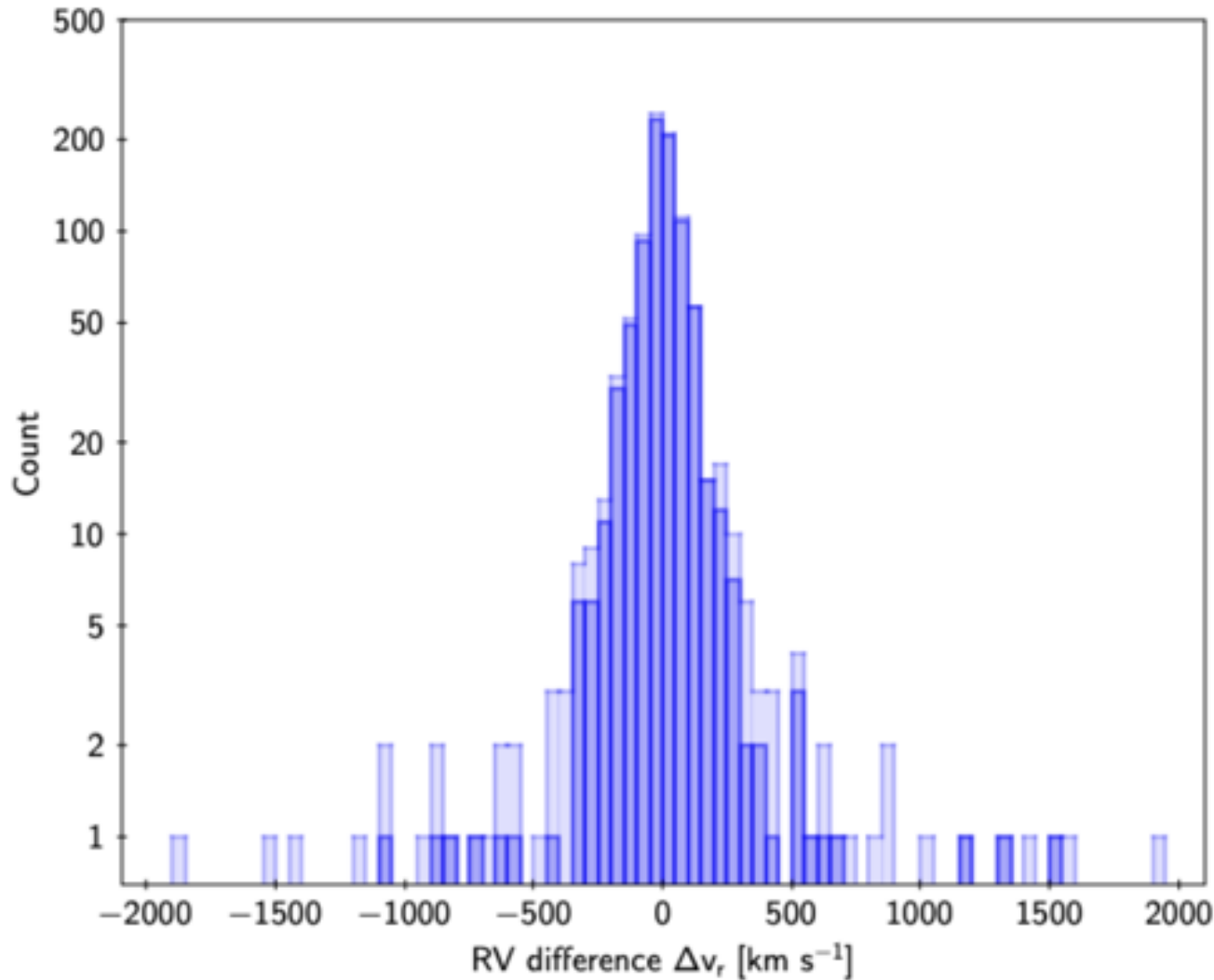
$$V_T = V \cdot \cos\theta = r \cdot d\theta/dt$$

movimento próprio  $\mu$



$$d\mu/dt = -2V_R \cdot \mu \cdot \pi$$

# *Aceleração perspectiva*



**maioria**

$$\Delta V_R < 100 \text{ Km/s}$$

**55 estrelas**

$$\Delta V_R < 10 \text{ Km/s}$$

**07 estrelas**

$$\Delta V_R < 1 \text{ Km/s}$$



# *Gaia EDR3*

## *Lentes*

### *gravitacionais*



# *2ª parte do DR3 (2022)*

**Velocidades radiais  $> 30$  milhões de estrelas ( $G < 14$ )**

**Parâmetros astrofísicos  $> 300$  milhões de estrelas**

**Classif., caract. e curva de luz  $> 7$  milhões de variáveis**

**Corpos do SS  $> 100$  mil órbitas e fotometria**

**Galáxias  $\sim 800$  mil**

**Galáxias hospedeiras de “quasares”  $\sim 30$  mil**

# *Futuro: Gaia*

*DR4 – 2025 – 66 meses*

*DR5 – ? – 120 meses*





# *Futuro: Gaia-NIR (?)*

## **All-Sky Near Infrared Space Astrometry**

*Acesso às regiões escuras da Galáxia*

*5 vezes mais objetos que Gaia atual – 10 bilhões*

*Mov. prop. 15-20 vezes melhores (estrelas comuns)*

*Mapeamento – matéria escura*

*Padrões nos movimentos próprios*

Abraco  
e  
Muito Obrigado

00 : 13

<https://gea.esac.esa.int/archive/>

<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/data-access#PartnerDataCentres>

*ESA/Gaia/DPAC*

**Lançamento – Dezembro/2013**