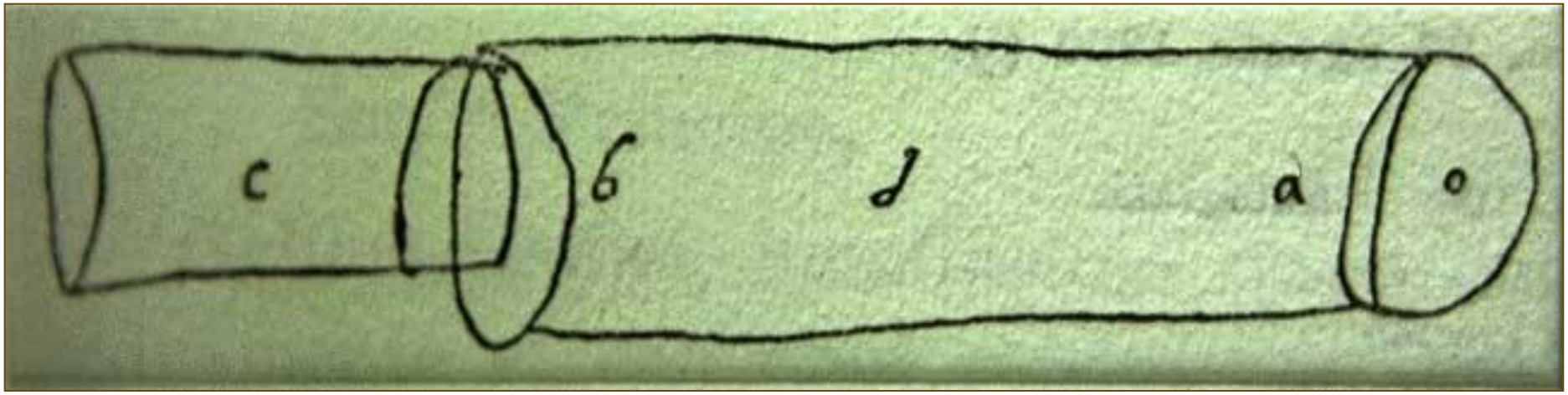
Telescópios: de Galileu à Óptica Adaptativa

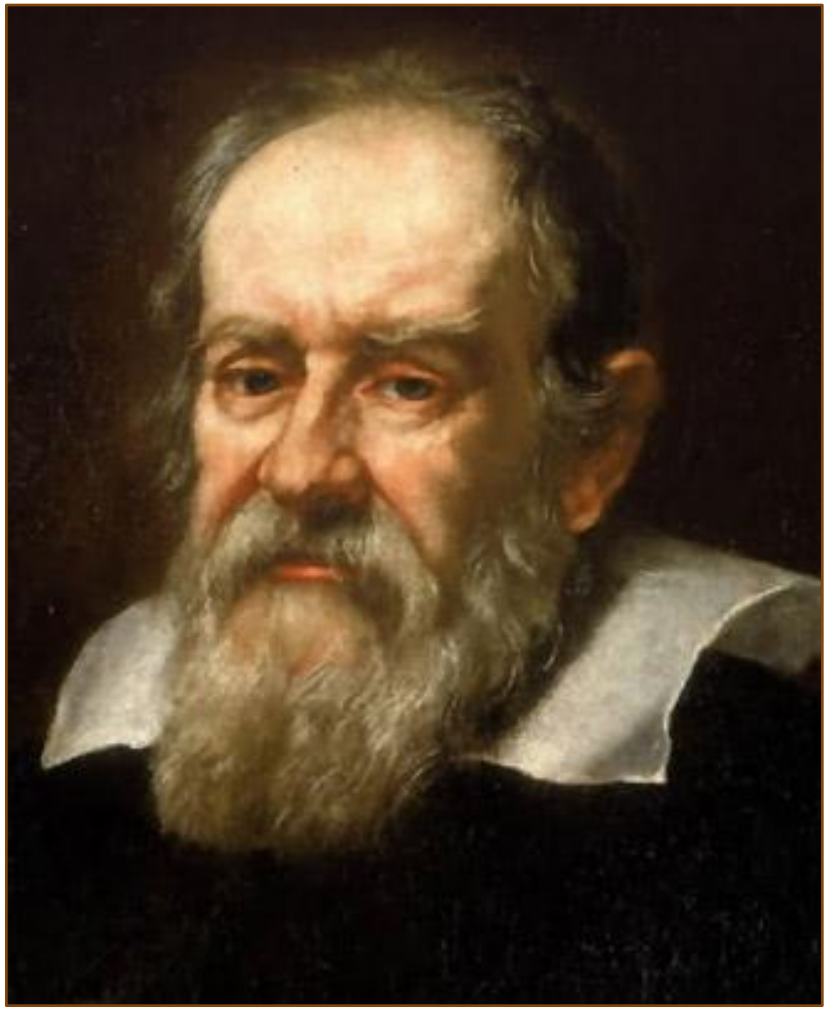
João E. Steiner
IAG/USP

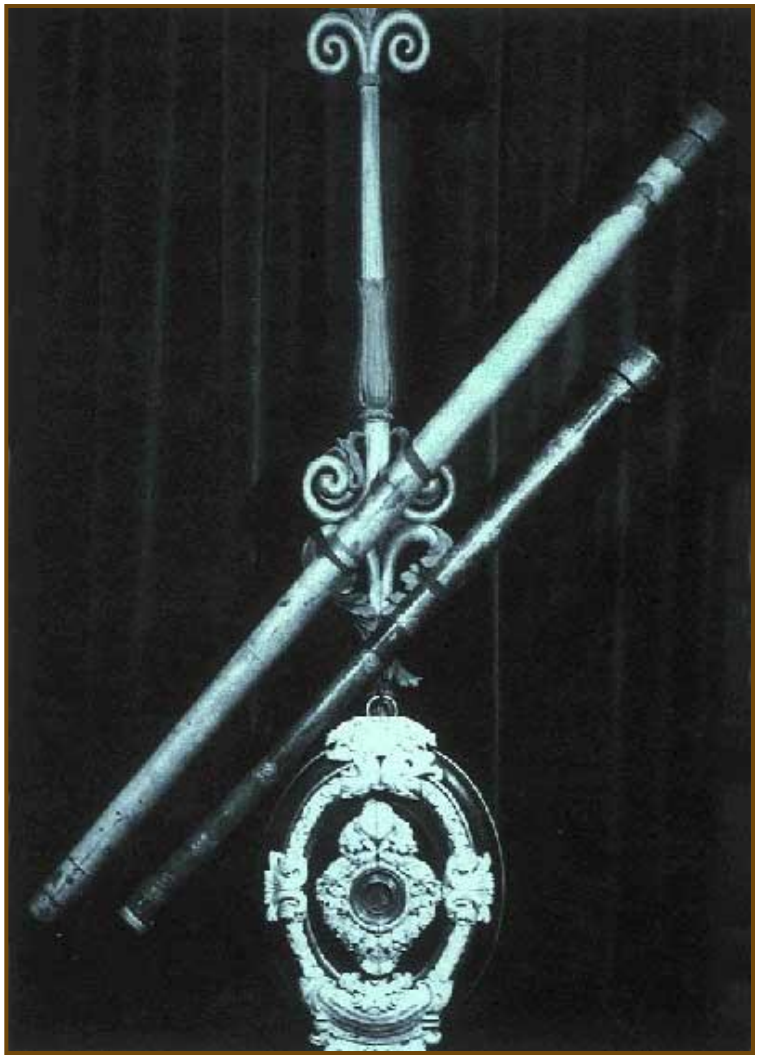
A luneta em 1609

A primeira ilustração conhecida de um telescópio. Giovanbattista della Porta incluiu este desenho em uma carta escrita em Agosto de 1609.



Galileu Galilei (1564-1642)

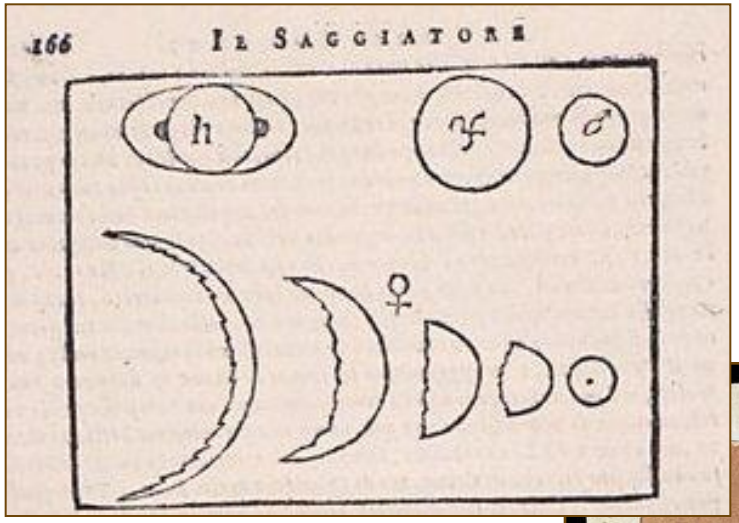


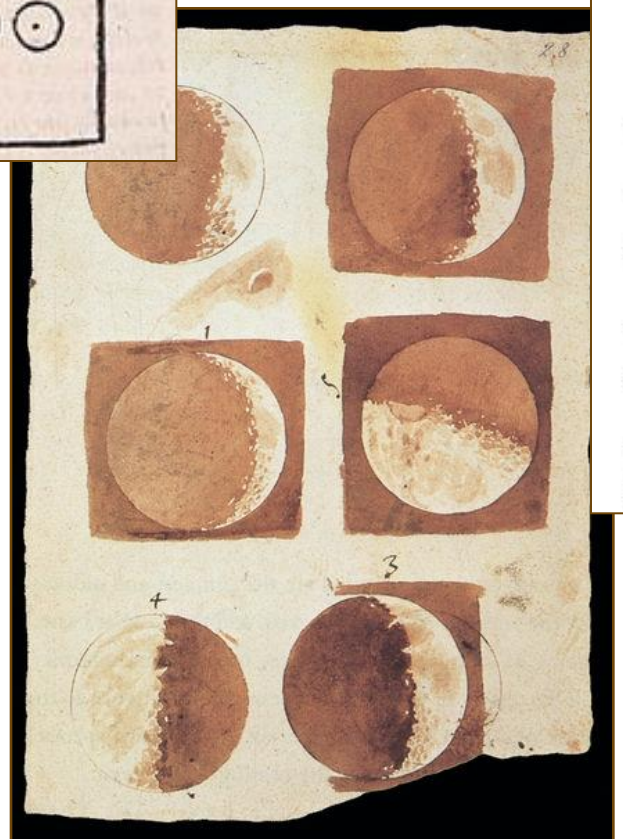


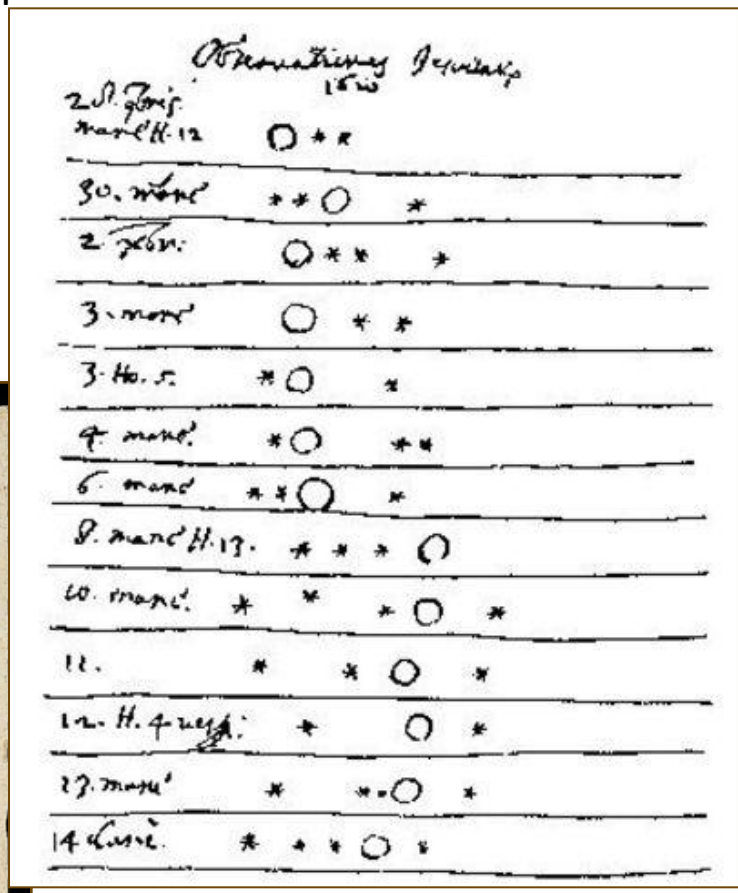
- Galileu construiu seu telescópio no verão de 1609.

- Em 25 de agosto de 1609, Galileu fez uma demonstração de seu primeiro telescópio para legisladores de Veneza. Esta foi a primeira atividade de divulgação astronômica de que se tem notícia, e o primeiro uso do telescópio bem documentado para astronomia.

Os desenhos e observações da Lua por Galileu revelaram que existiam montanhas na sua superfície. Descobriu, também as luas de júpiter e as fases de Venus







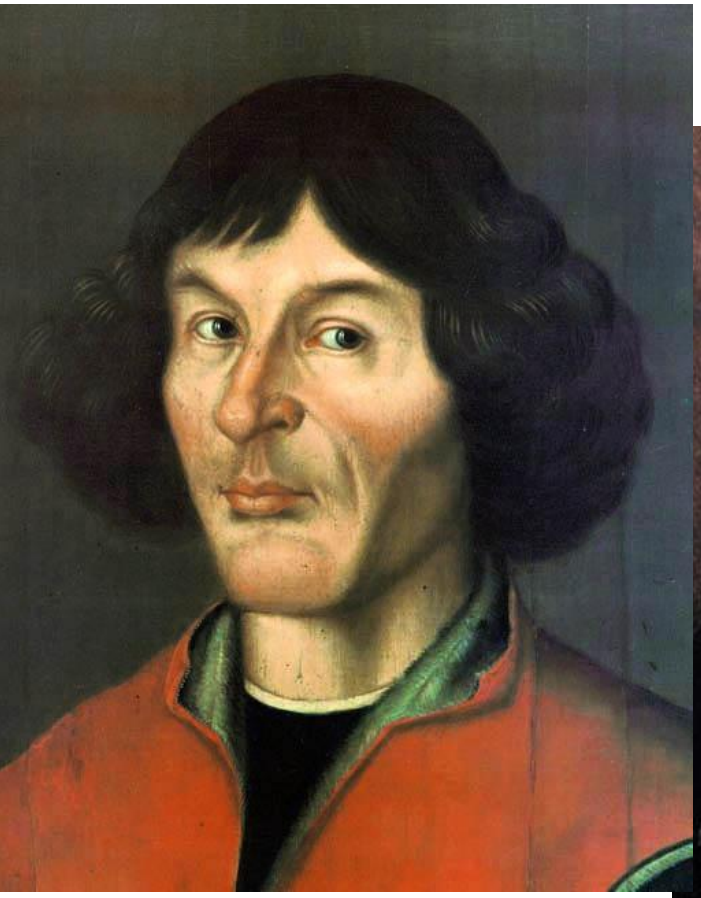
- Em outubro de 1609, Galileu fabricou um telescópio de aumento 20x.

- Com esse novo telescópio, ele observou a Lua e descobriu as quatro maiores luas de Júpiter.

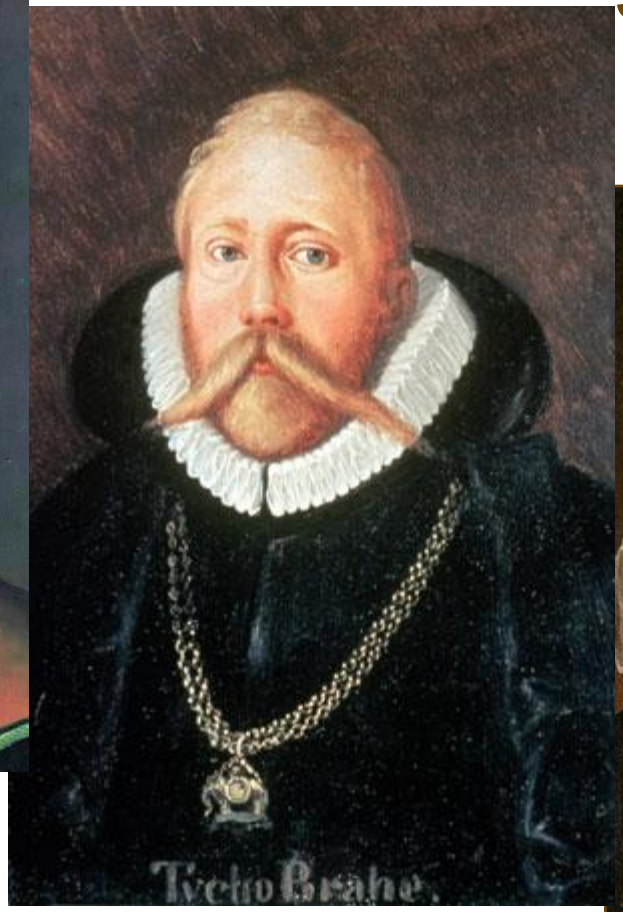
- Ele continuaria usando o telescópio nos anos seguintes para estudar as manchas solares e as fases de Vênus. Descobriu, ainda, a natureza da Via Láctea.

- As observações de Galileu revolucionaram a astronomia e mudaram profundamente a nossa visão do mundo.

Nicolaus Copernicus (1473-1543)



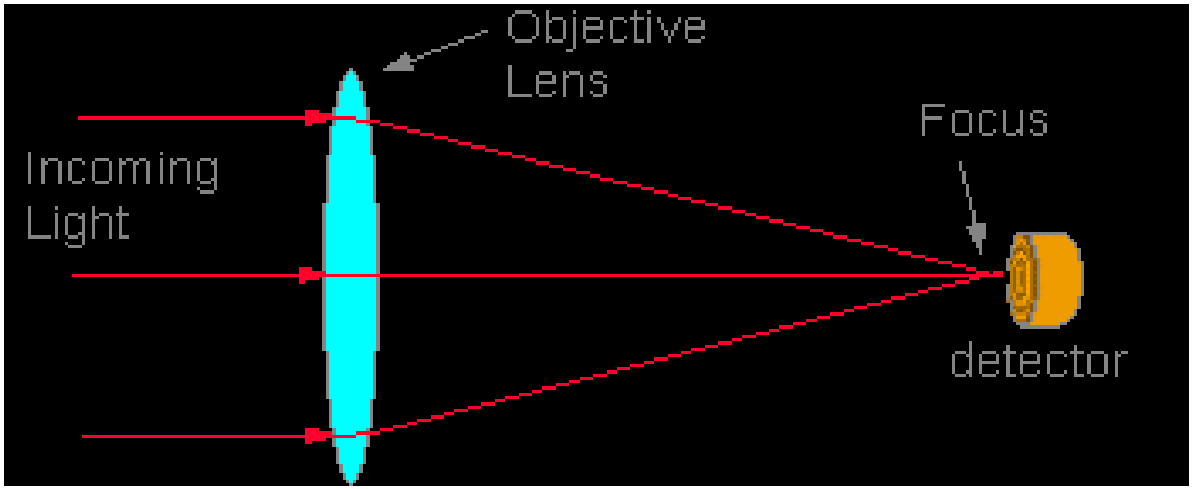
Tycho Brahe (1546-1601)

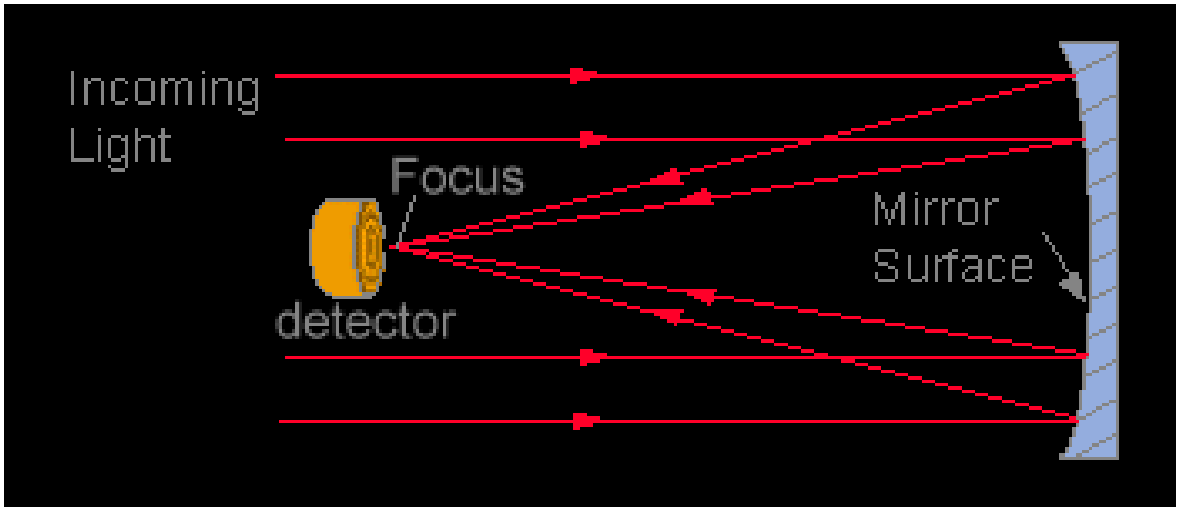


Johannes Kepler (1571-1630)

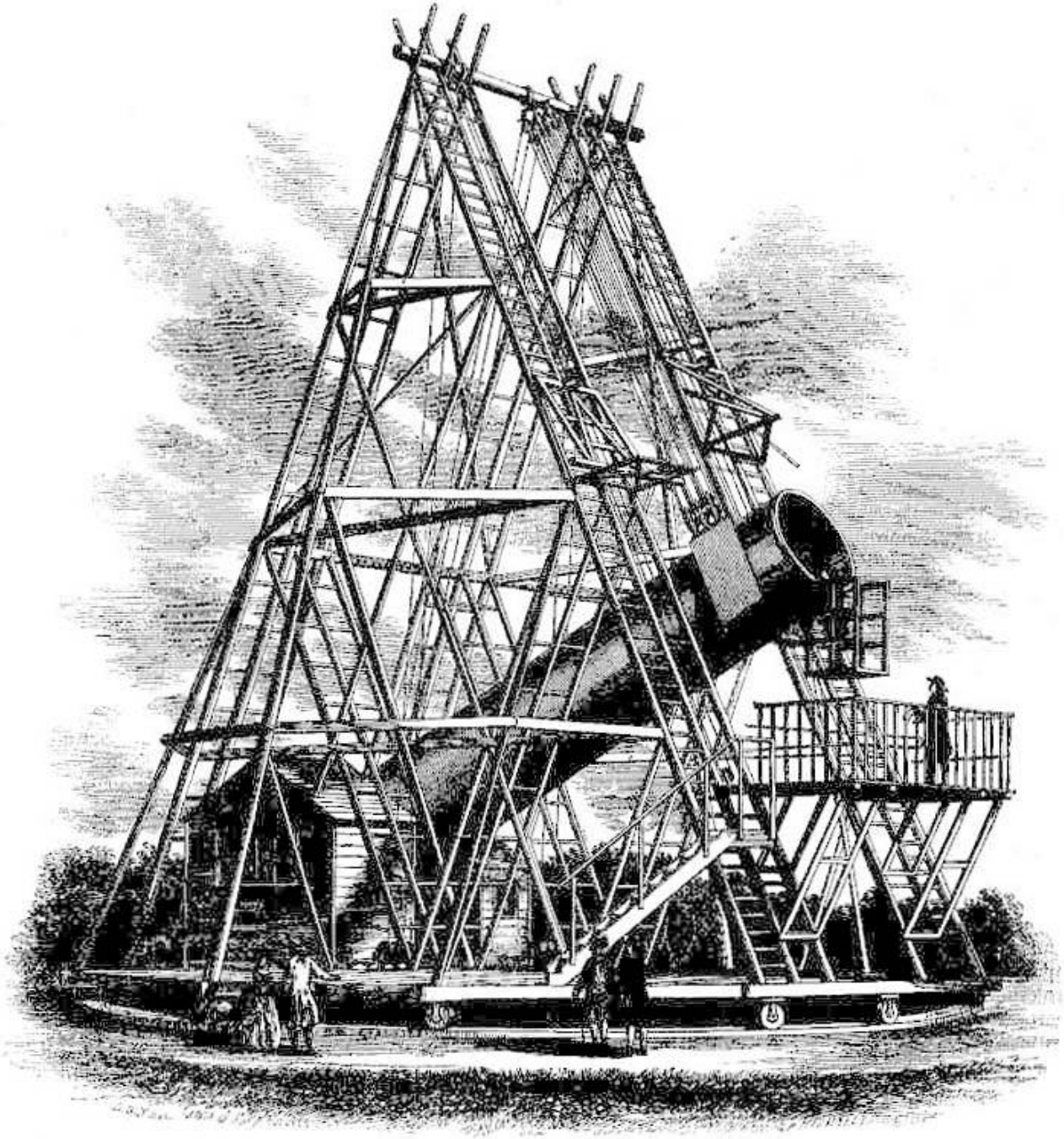
Uranienborg

Telescópios (refratores e refletores)

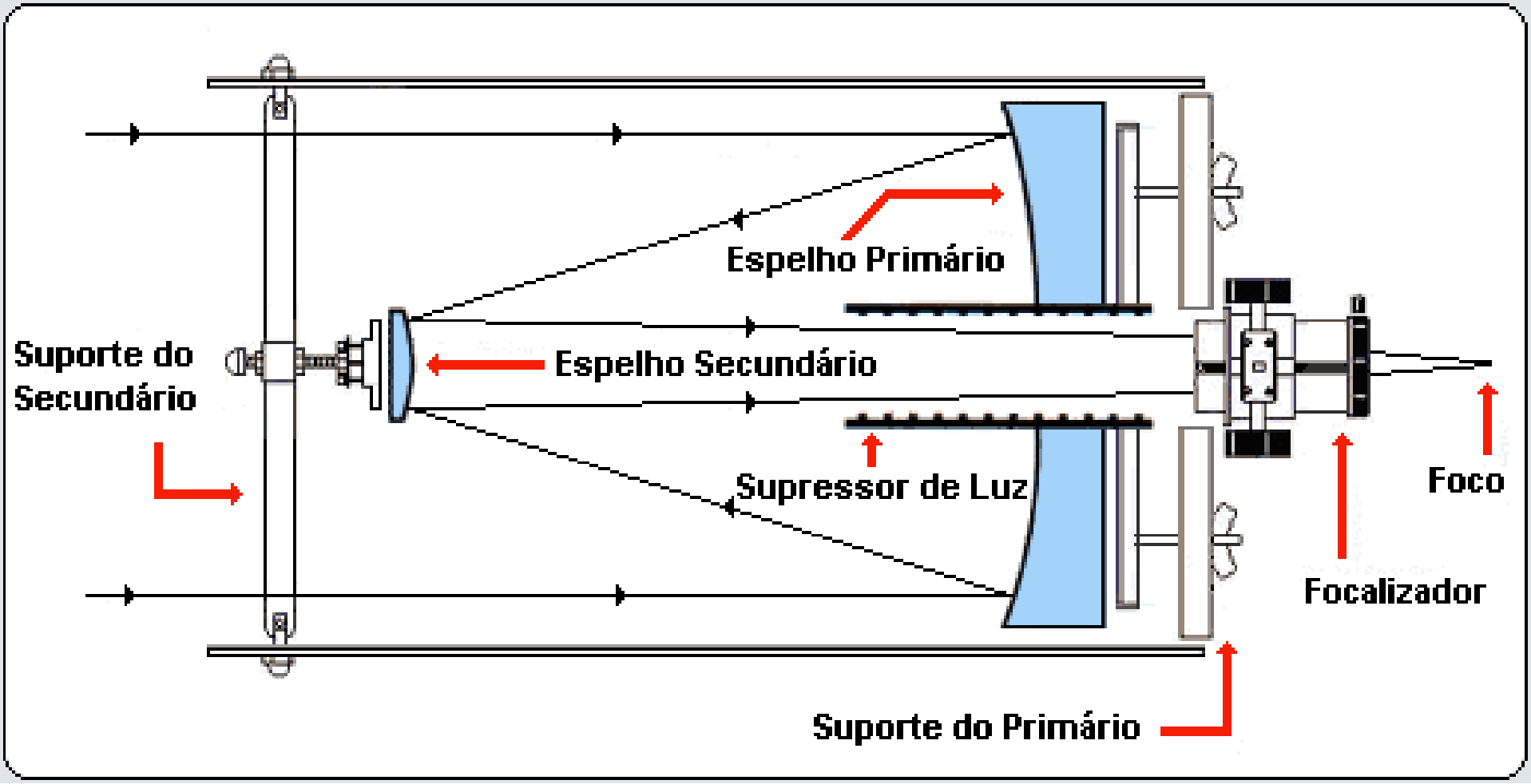




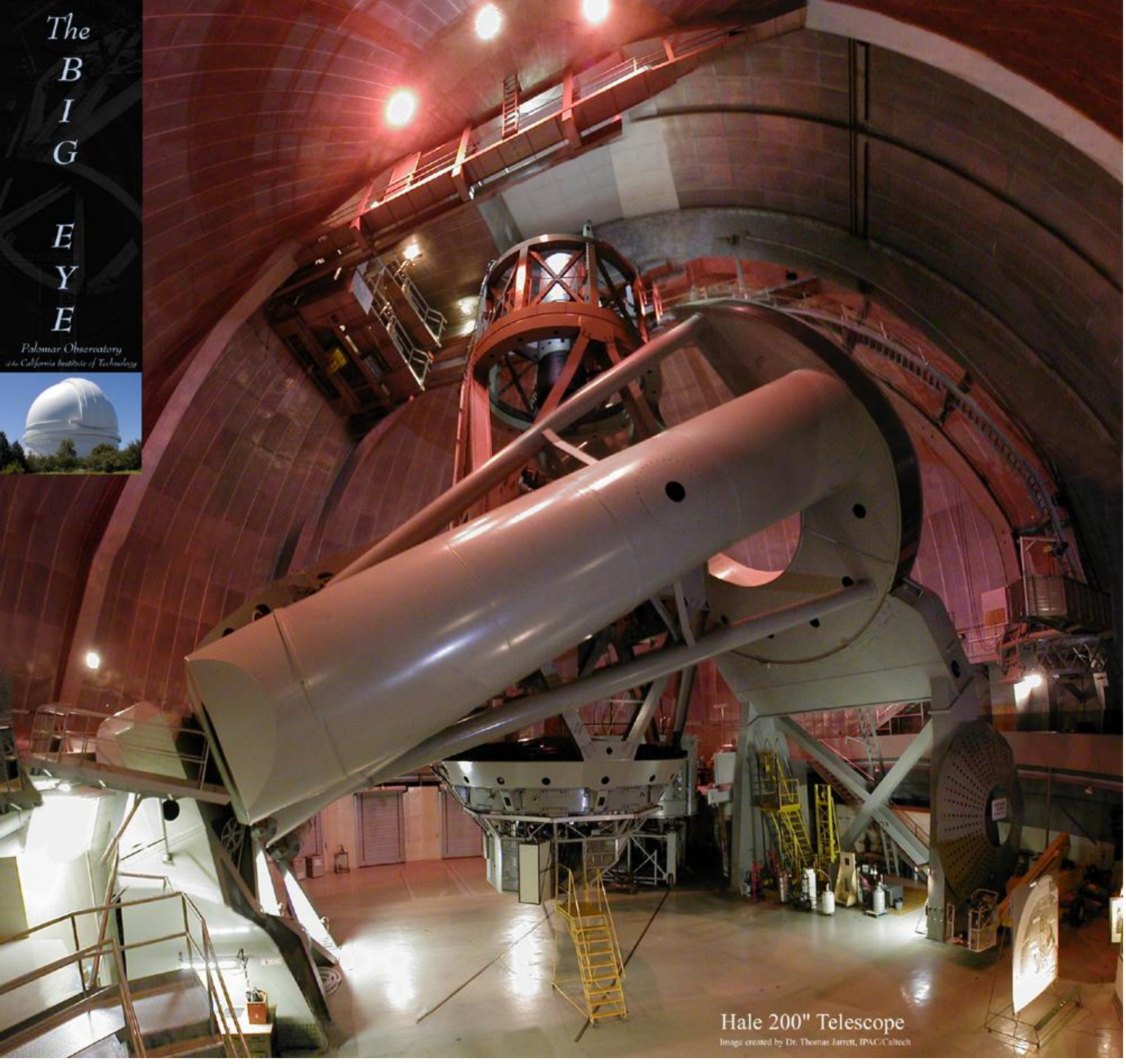
Telescópio com foco newtoniano (Isaac Newton, 1643-1727), usado para observar o Cometa de Haley em dezembro de 1682.



William Herschel
(1738-1822)


Espelho Primário
Suporte do Secundário
Espelho Secundário
Supressor de Luz
Foco
Focalizador
Suporte do Primário

Mount Wilson 2.5 m


The
B
I
G
E
Y
E
Palomar Observatory
of the California Institute of Technology
Hale 200" Telescope
Image created by Dr. Thomas Jarrett, IPAC/Caltech

Palomar 5m

Conquistas do século XX

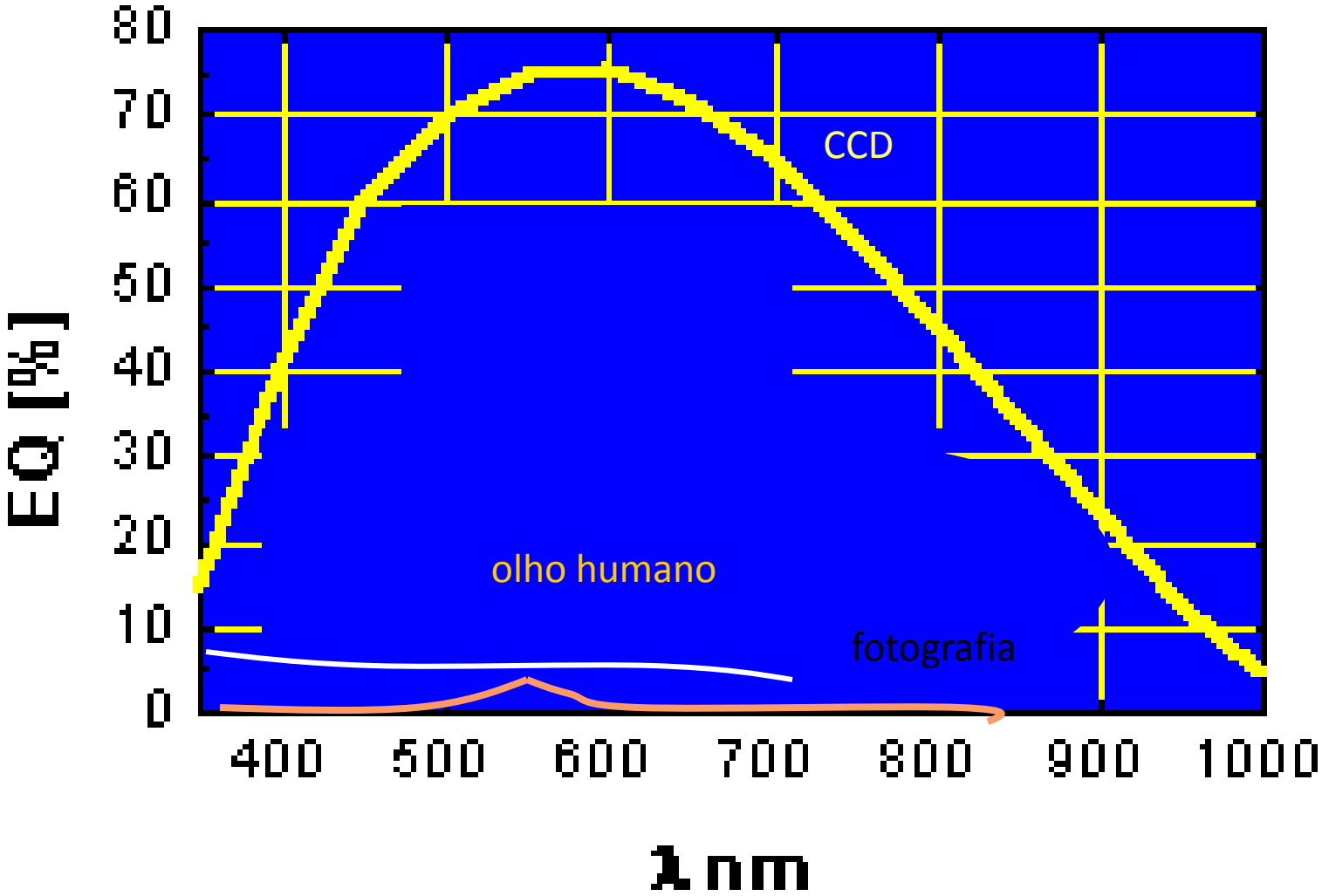
- A estrutura da galáxia
- A estrutura e evolução das estrelas
- A expansão do universo
- A matéria escura
- A energia escura

- Outras faixas do espectro eletromagnético
- *Rádio*
- *Raios-x e raios-gama*
- *Ultravioleta*
- *Infravermelho*

- Outros mensageiros não-eletromagnéticos
- *Neutrinos*
- *Raios Cósmicos*
- Ondas gravitacionais

Detetores

Eficiência quântica



Poder coletor α D^2

Olho humano = 0.5 cm => 1x

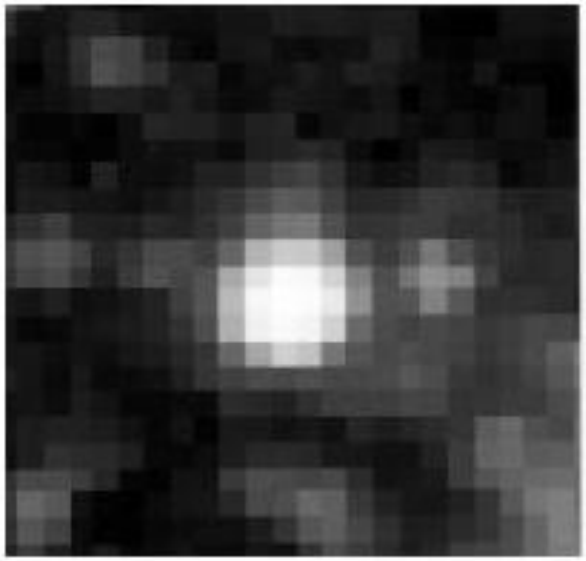
Luneta Galileu = 10 cm => 400 x

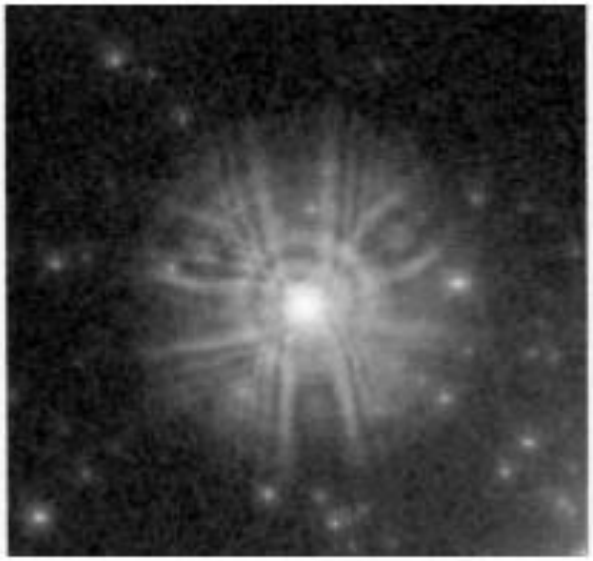
HST (Hubble) = 2.5 m => 250 mil x

Telescópio Gemini = 8 m => 2.5 milhões x

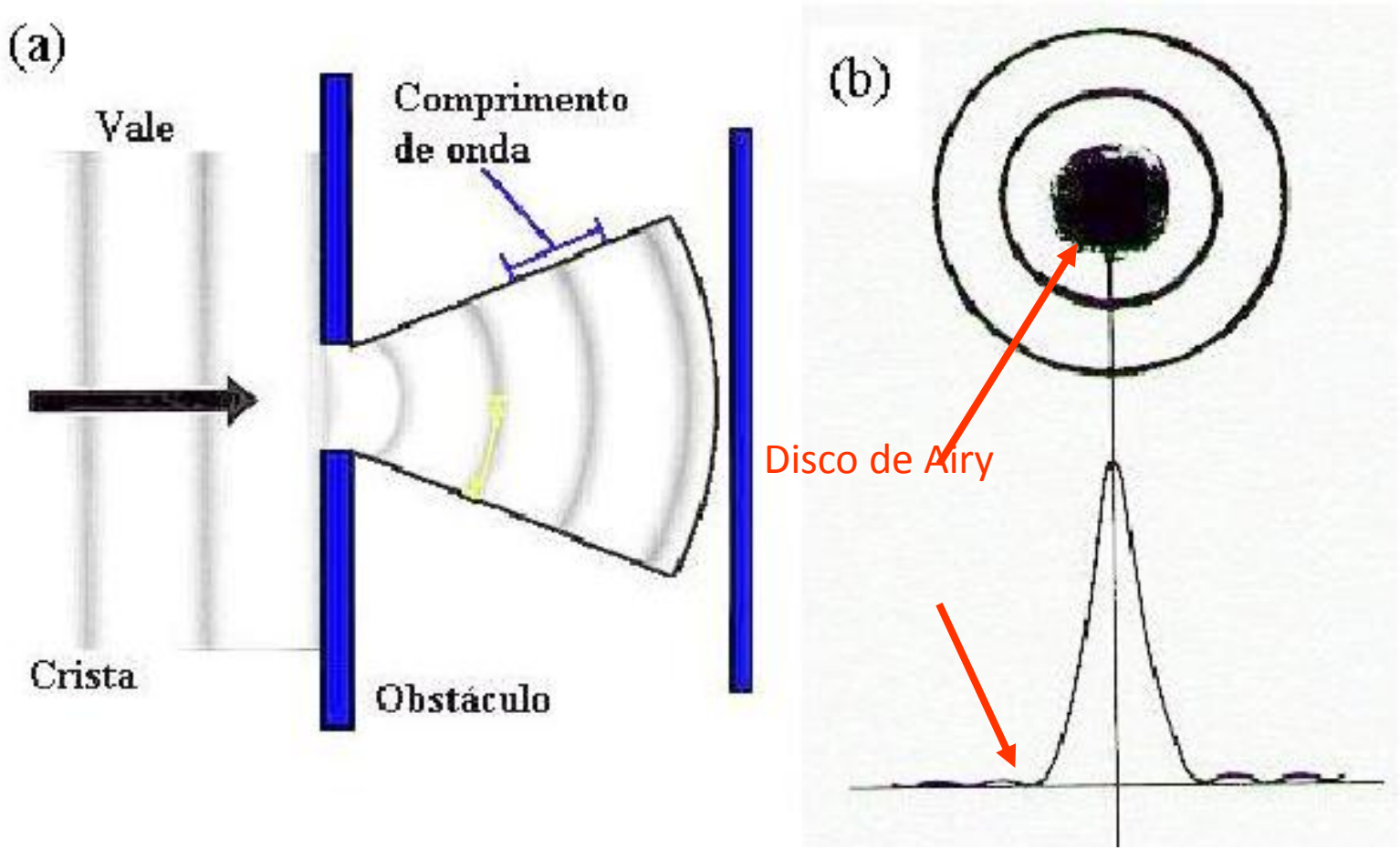
Telescópio ELT = 40m => 64 milhões x

Point Spread Function - PSF





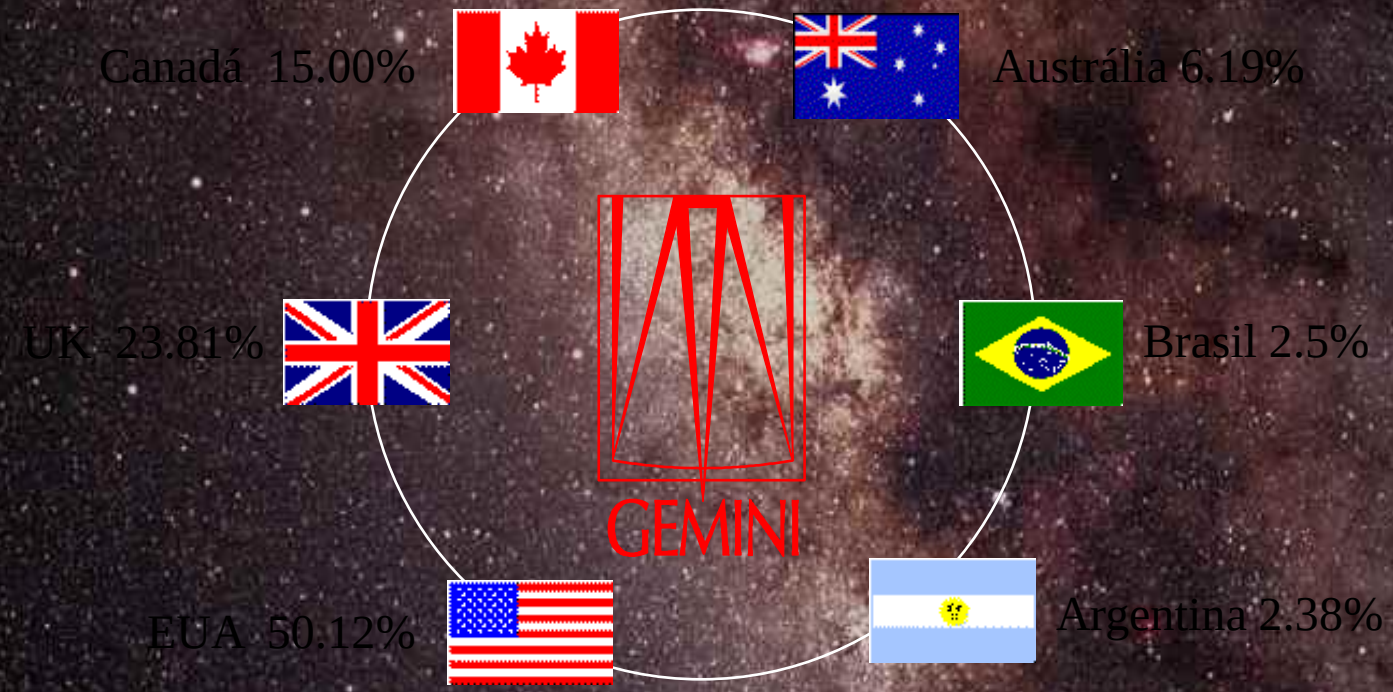
Poder resolvente = 0”.25 λ(μm)/D(m)



Telescópios Gemini

- 8 m
- Óptica ativa
- Óptica adaptativa
- Infravermelho

Colaborando na Terra ...



Construção: 184M$ Operação: 40K$/noite

Óptica Ativa:
para manter a figura do espelho

120 atuadores compensam as deformações causadas por vento ou peso
controlando a forma do espelho em 1/10.000 da espessura do vidro

Espelho Primário:
peça chave do telescópio

Diâmetro: 8.1 m

capta tanta luz quanto 2.5 milhões de olhos humanos

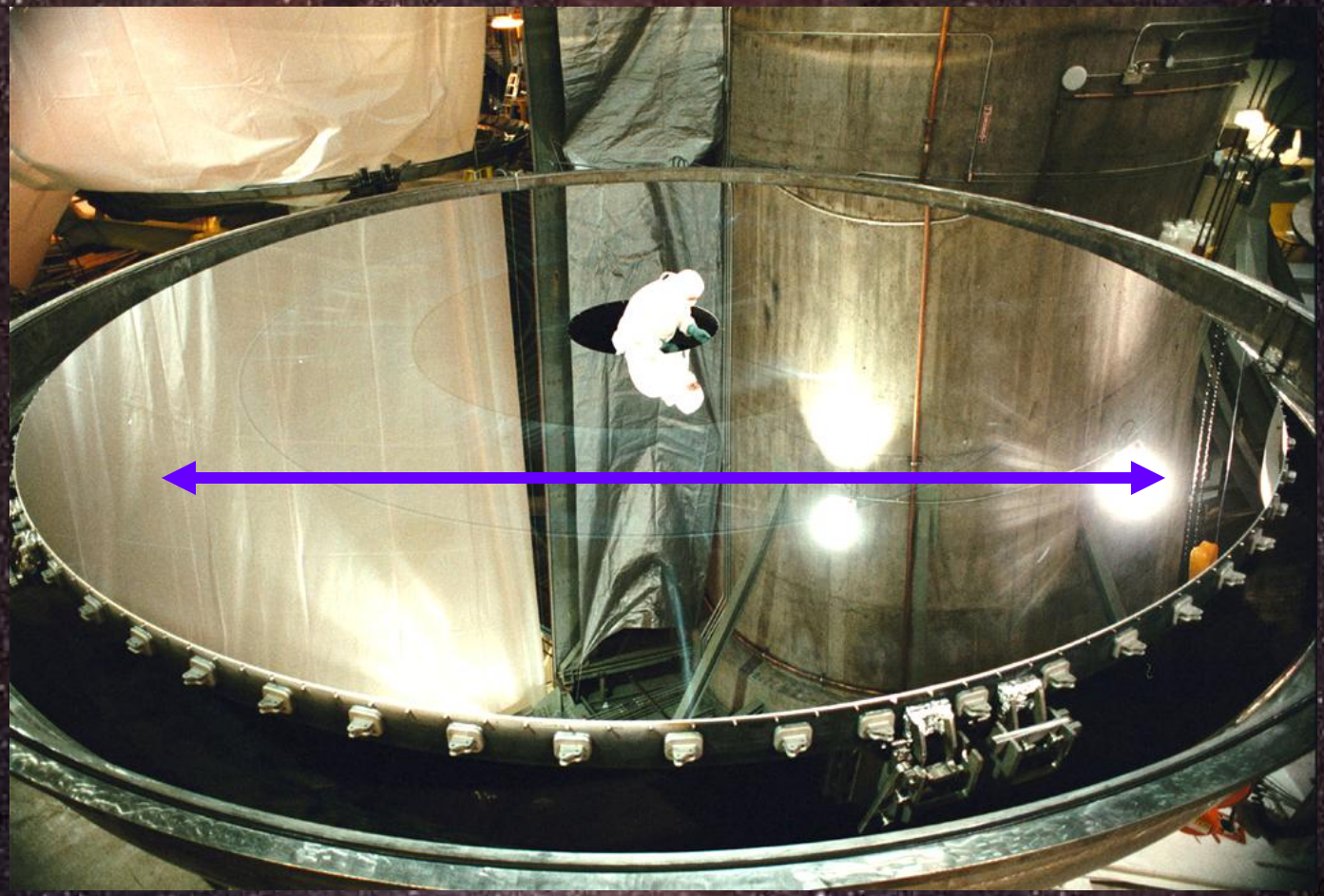
Rugosidade: 16nm = $\lambda/40$

16 milionesimos mm

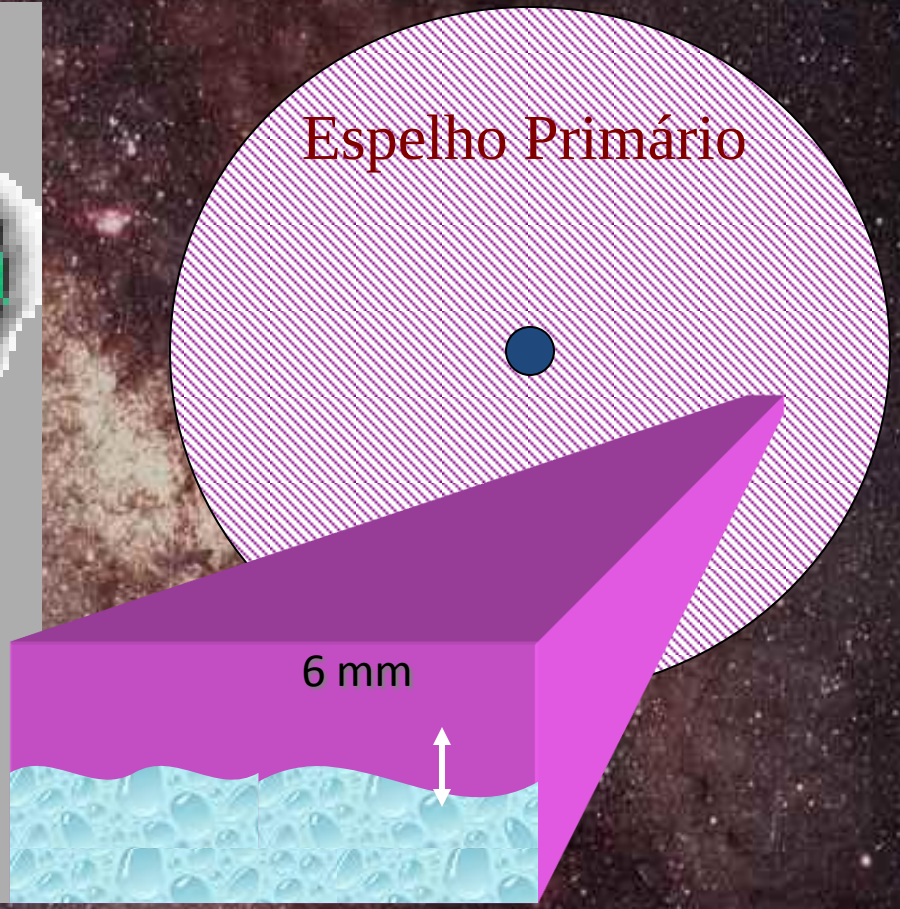
Espessura: 20 cm

para troca de calor rápida com o ar

Peso: 23 tons

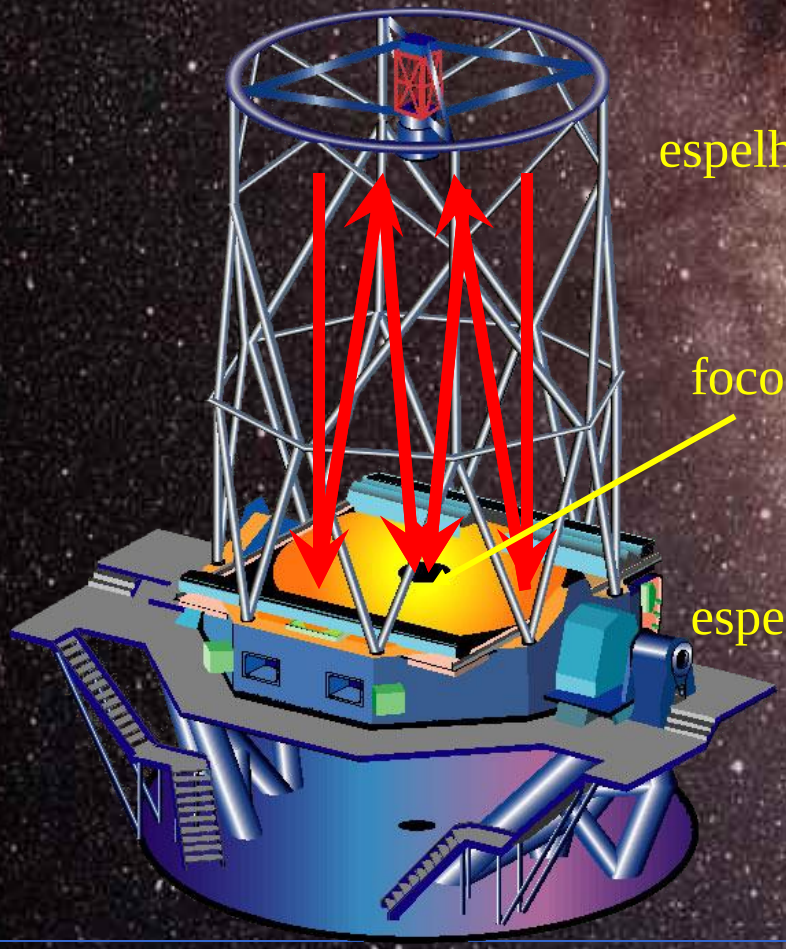


Espelho Primário:
qualidade da superfície



Ampliando o espelho ao tamanho do Brasil, a rugosidade seria 6 mm

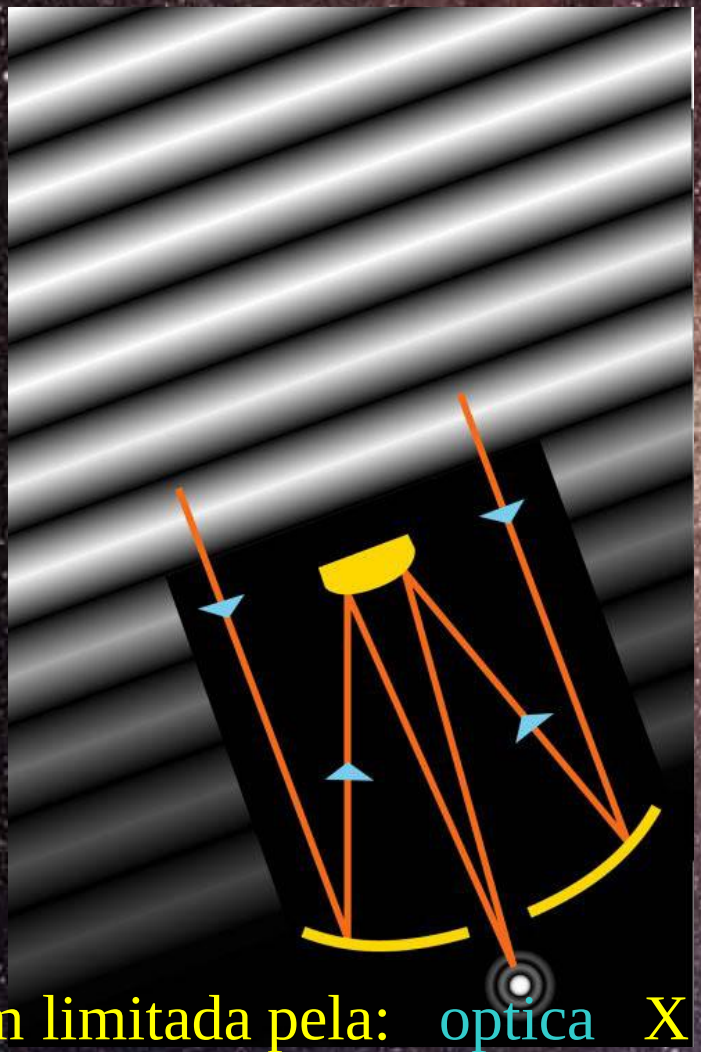
Caminho da Luz através do Telescópio

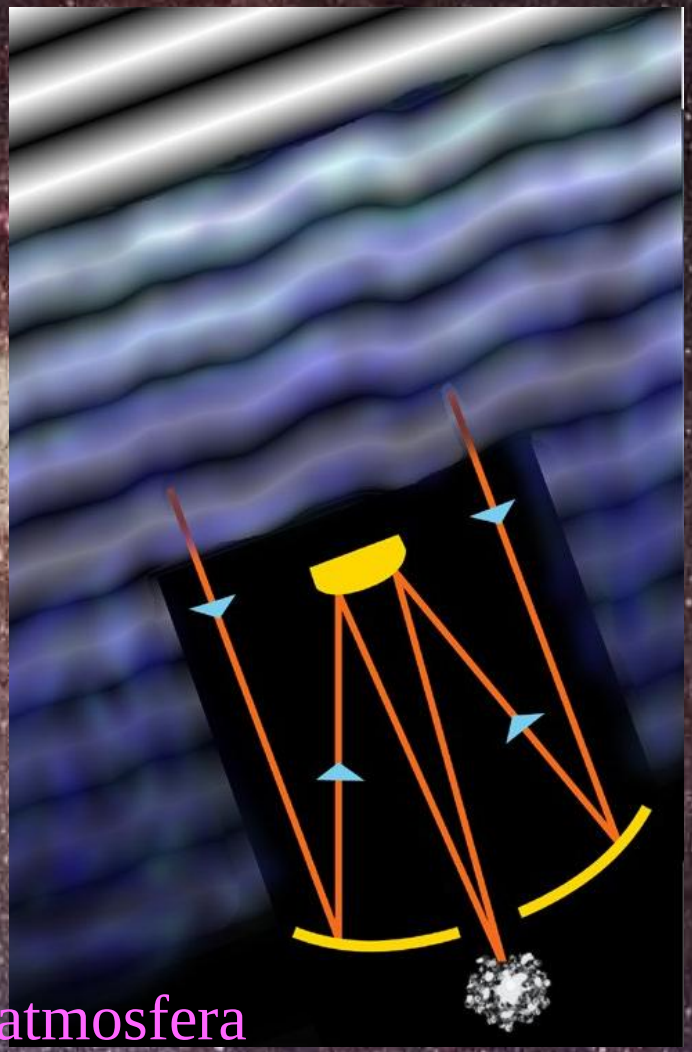


Peso 380 toneladas

Telescópios órbita x solo

Vácuo

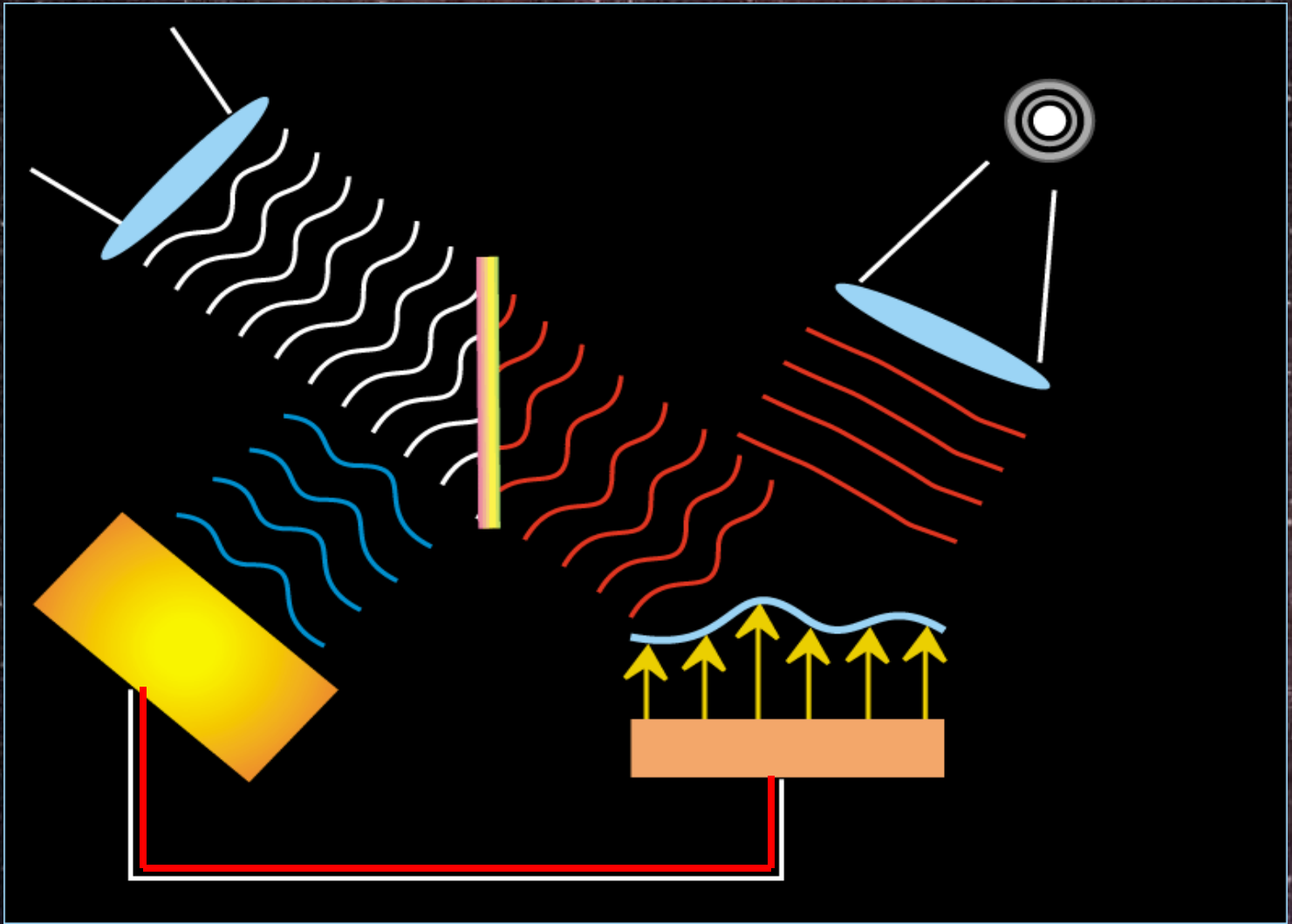




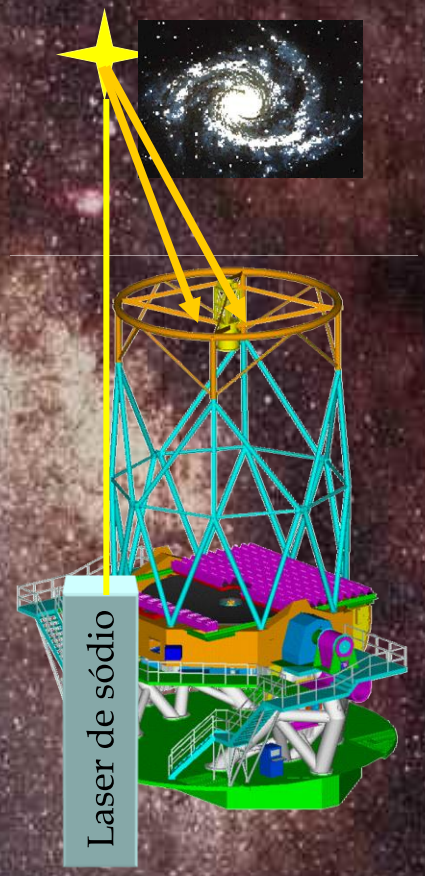
Atmosfera

Imagem limitada pela: optica X atmosfera

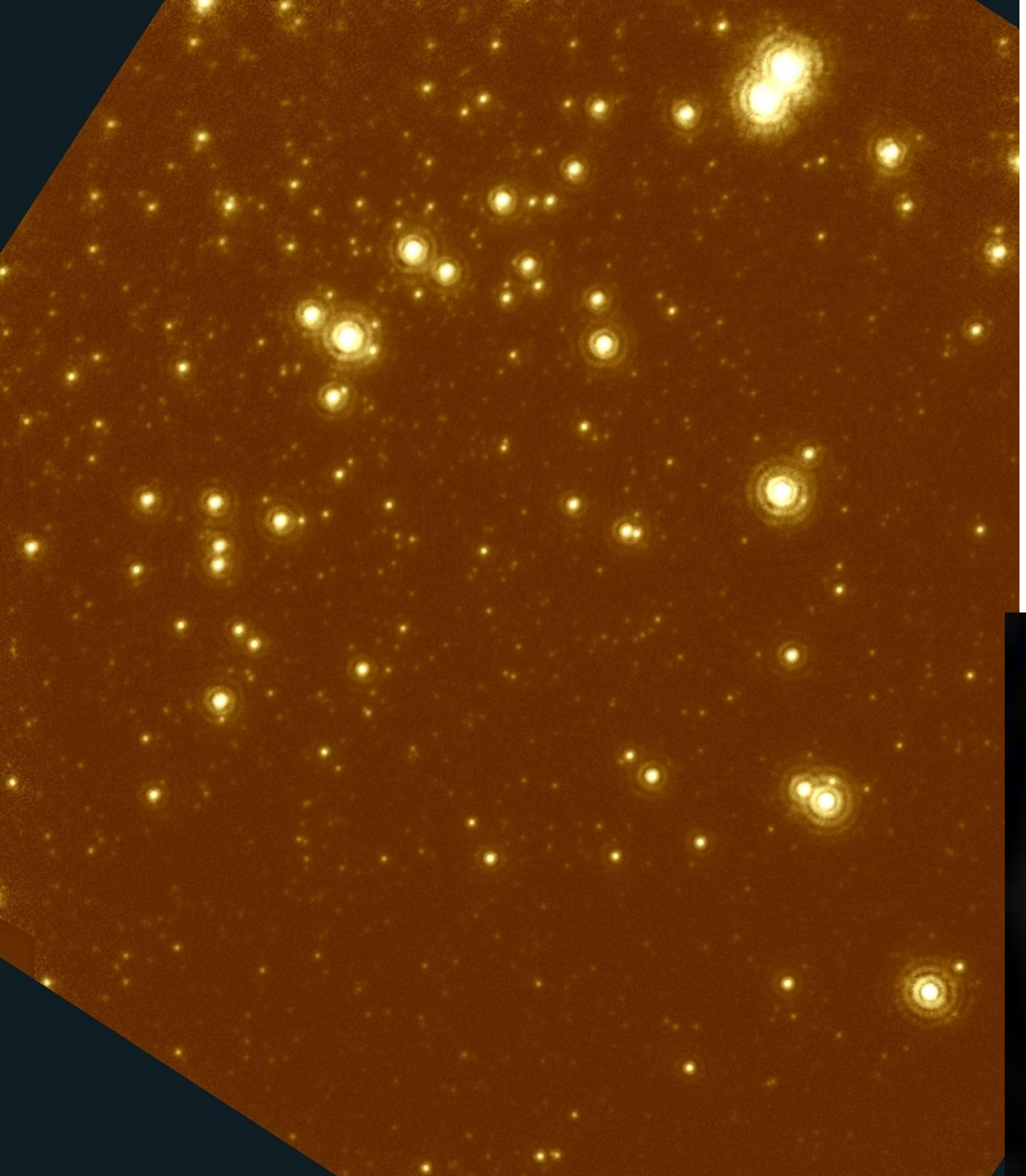
Óptica Adaptativa:
alisando as ondas luminosas



Óptica Adaptativa
guiada a laser



Estrela de laser para mapear as irregularidades atmosféricas



NGC 6934
Gemini 8mTelescope

The Airy diffraction
$\sin \theta = 1.22\ \lambda/D$

Optica Adaptativa:
revelando detalhes

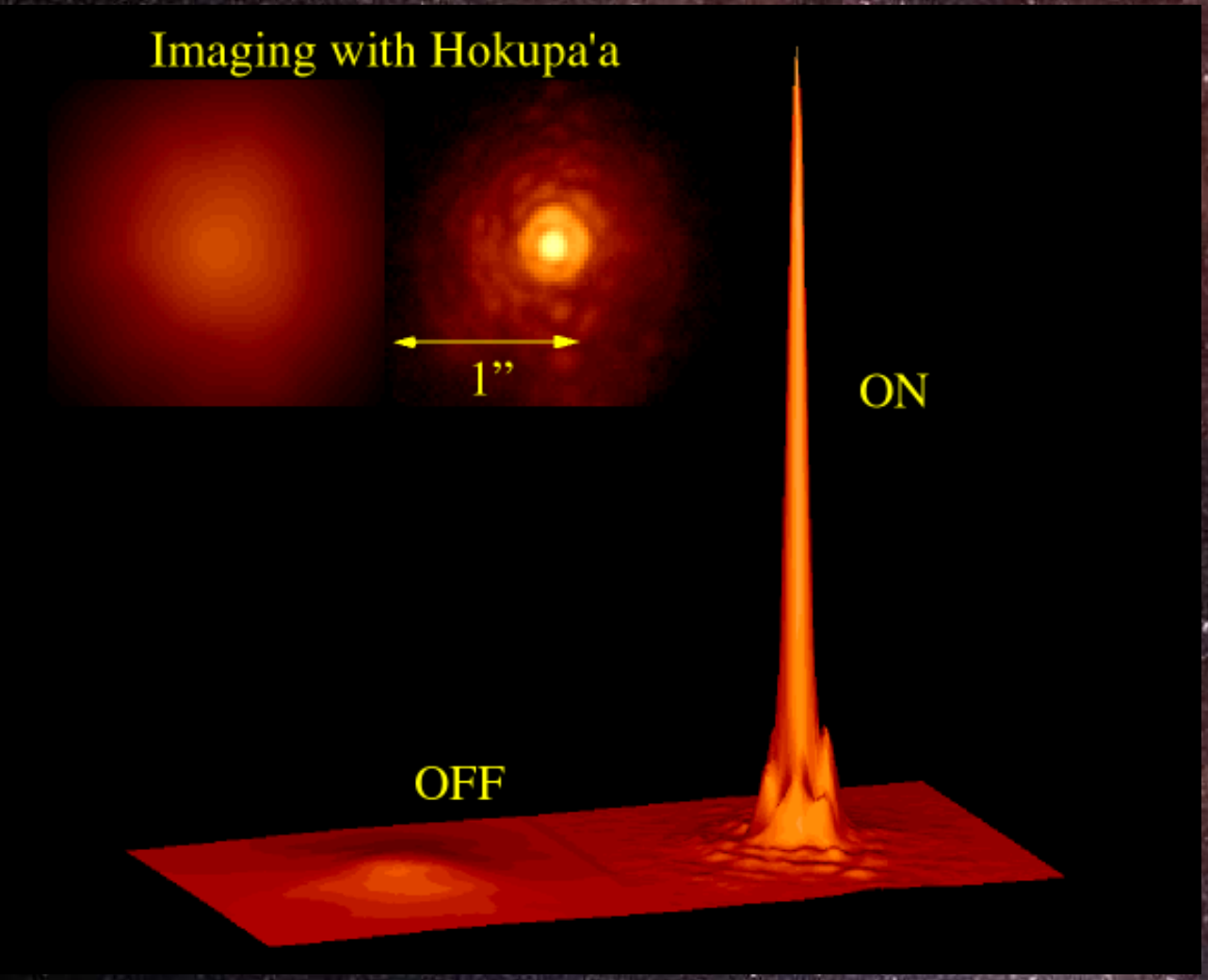
Imagem de galáxia com telescópio de solo

Imagem ampliada com óptica adaptativa

Mesma imagem com 0.1” mostrando um buraco negro

Núcleo da galáxia NGC4621 com resolução de 1”

A razão de Strehl



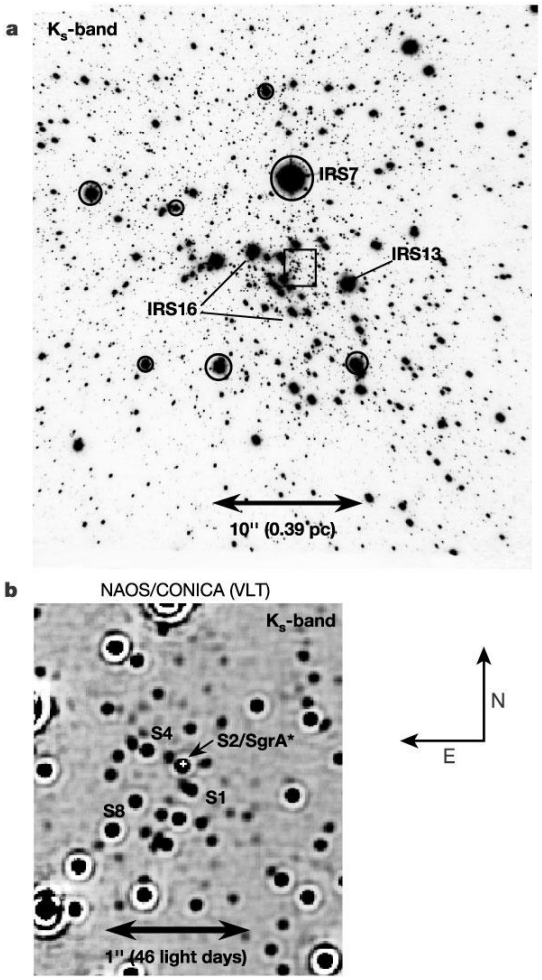
$$S = P(0)/P_0(0)$$

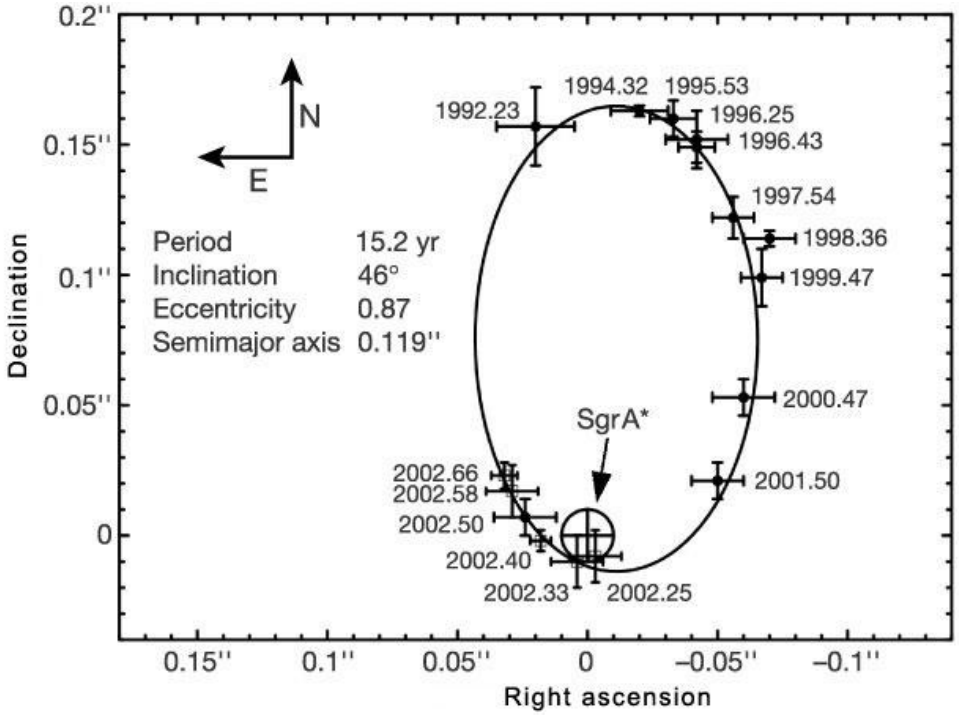
S: razão de Strehl

P(0): pico da PSF
$P_0(0)$: pico da função de Airy

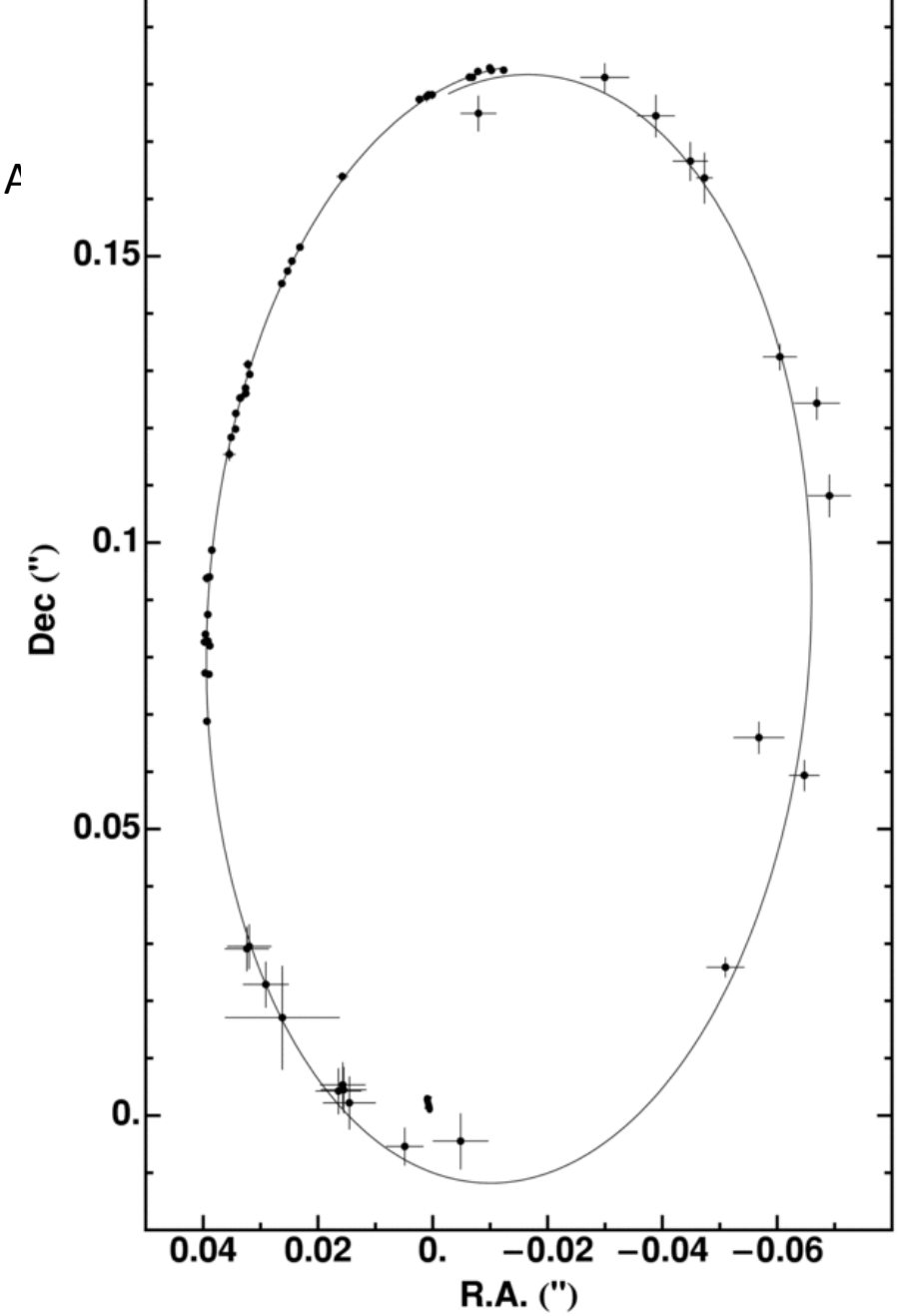
Strehl < 1

Schödel et al (2002), Nature 419,494

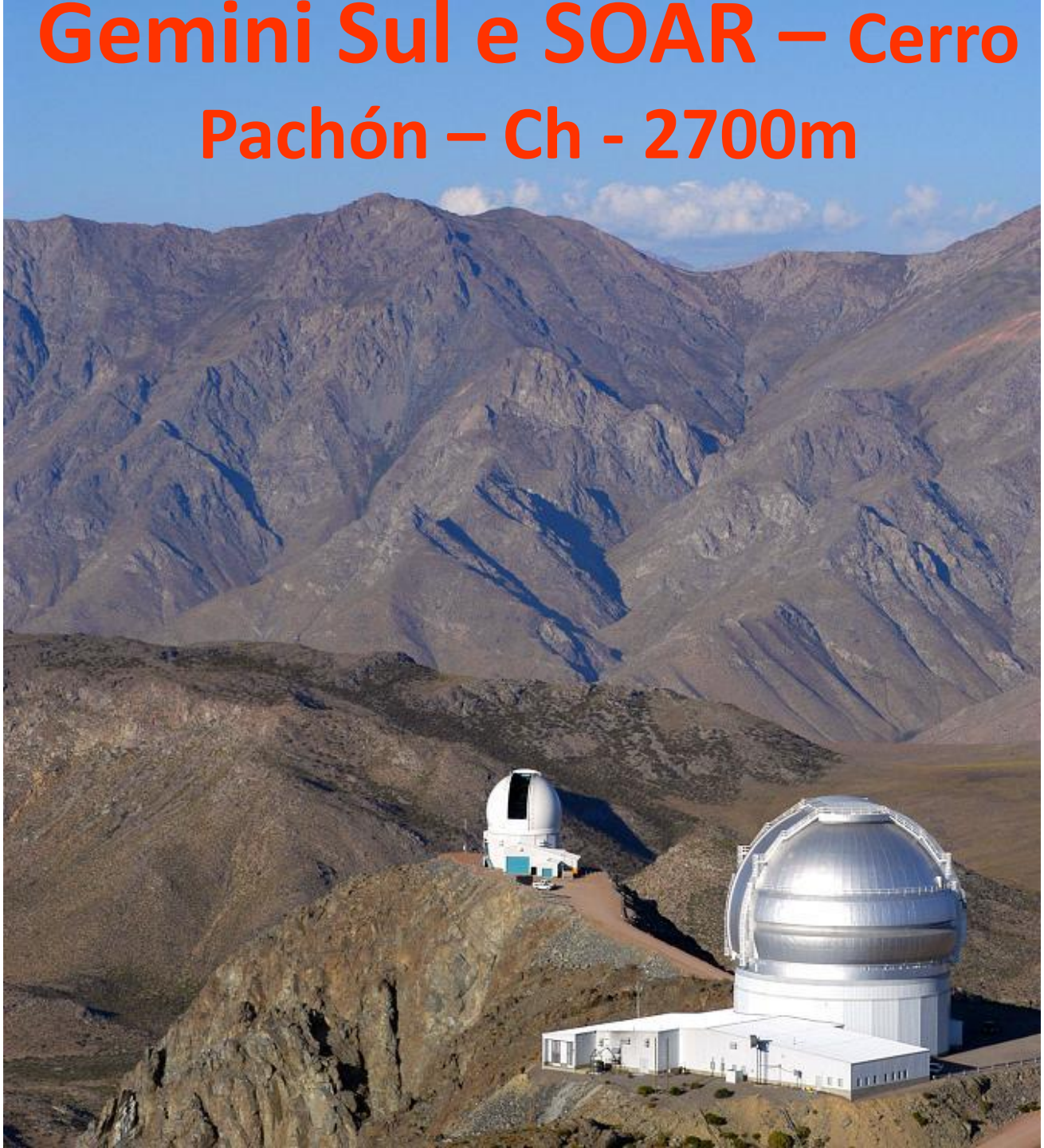




Gilessen et al 2009 A



Gemini Sul e SOAR – Cerro Pachón – Ch - 2700m



GEMINI e SOAR: Estratégias coletivas

- Participação de vários pesquisadores do IF-UFRGS
- Diretor do LNA: Edmundo da Rocha Vieira
- Gemini - Comitê Científico:
- Miriani
- Thaisa
- Basílio
- Gemini - Conselho Diretor: Kepler
- Especificação do SOAR: Horácio

Papers e mais papers: Bica

O astrônomo Johannes Hevelius observando através de um telescópio antigo.

SOAR's Niche at 1st light

In optical

Both seeing limited

θ ~ comparable for 4m & 8m

$t \propto (1/D)^2$ ~1/4

In near IR

θ ~ 1.5 x smaller for 4m

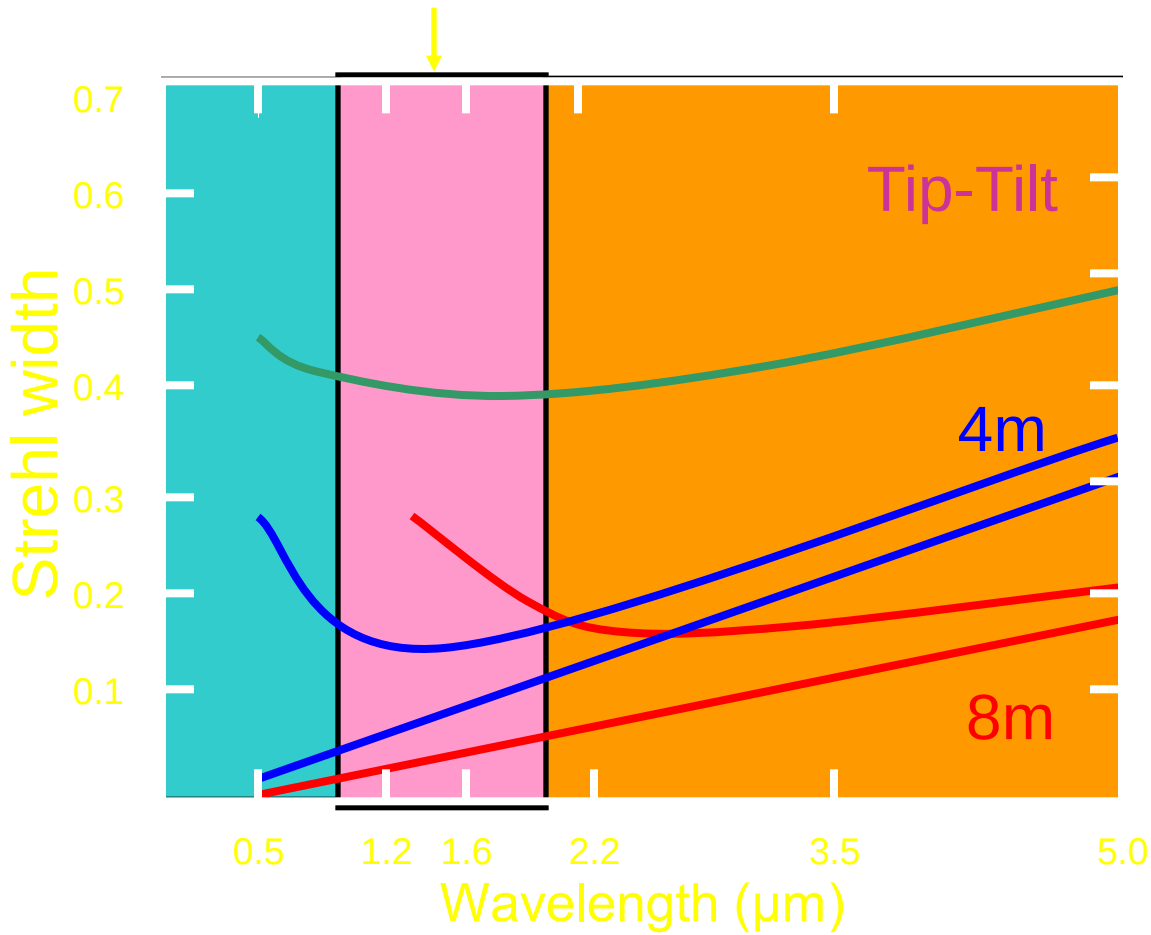
Makes up much of difference in *D*.

In mid-IR

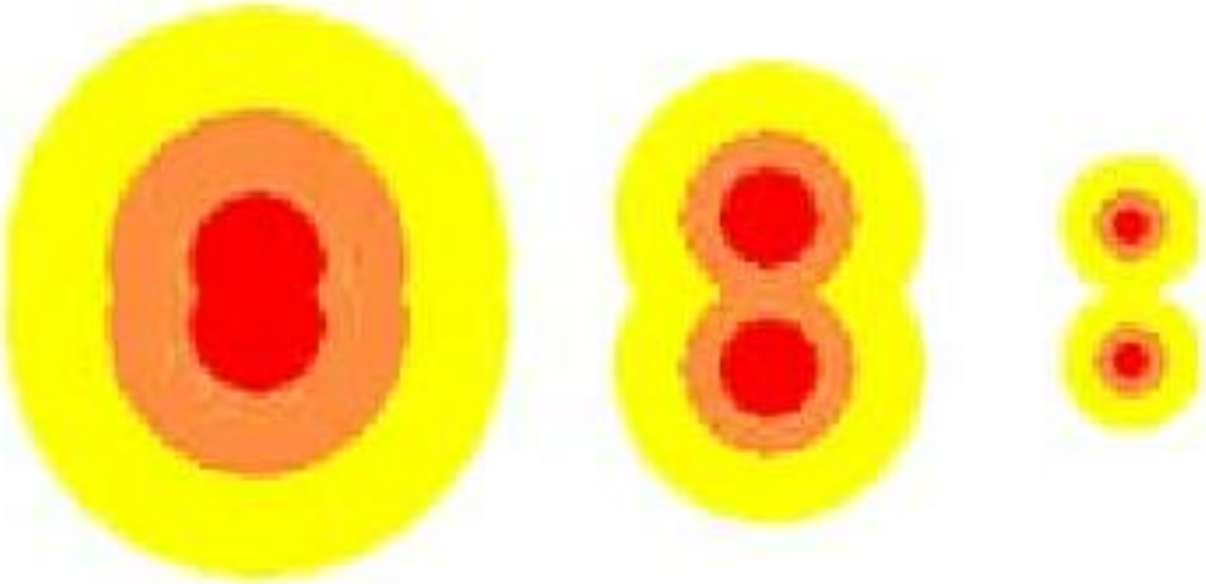
Both diffraction limited

$\theta \propto 1/D$, $t \propto (1/D)^4$ ~ 1/16

SOAR not competitive



Background-limited Case, time to reach given S/N on given object

$t \propto (\theta/D)^2$ θ = image diameter, *D* = telescope diameter

Poder resolvente = 0”.25 $\lambda(\mu m)/D(m)$