

Telescópios e observações astronômicas

Basílio Santiago
Departamento de Astronomia da UFRGS



Quais os elementos de uma observação astronômica?

Identificar qual elemento se associa a cada caso.

Estrela	
Telescópio	
Vento Solar	
Olho humano	
Câmera digital	
Ar atmosférico	
Prisma	
Aglomerado de galáxias	
Filtro azul	
Radiação infravermelha	

Observações na antiguidade (a olho nu)

Fontes	
Detetor	
Instrumentos	
Carregador de informação	
Meio	

Foto digital com celular

Fontes	
Detetor	
Instrumentos	
Carregador de informação	
Meio	



Foto da Lua cheia tirada com celular do professor, em 13/07/2022.

Qual a função do telescópio?

- Coleta luz → olho grande!
 - pupila humana dilatada: 8mm
 - telescópio com superfície coletora de $D=1\text{m}$: coleta $(1000/8)^2 = > 15000$ vezes mais luz que o olho humano a cada instante!
- Resolução: capacidade limite (teórica) de separar objetos próximos: $1.22 \lambda/D$
 - mesmo telescópio acima: resolução $1000/8 = 125$ vezes melhor que o olho.
 - efeitos causados pelo meio atmosférico impedem que essa resolução seja atingida na maioria das imagens ópticas.
- E a amplificação da imagem (= quantas vezes aumenta)? É muito menos importante do que a capacidade de detectar coisas fracas (coleta de luz) e de resolver objetos próximos (resolução).

Observação com telescópio e ocular

Amplificação da imagem: F/f , onde F e f são a distância focal do telescópio e da ocular, respectivamente. Exemplo:

Telescópio Meade, $F=300\text{cm}=3000\text{mm}$
Ocular de $f=25\text{mm}$ → Amplificação:
 $3000/25 = 120X$

Fontes	
Detetor	
Instrumentos	
Carregador de informação	
Meio	

Observação com telescópio e câmera digital

Saturação do
CCD (detector)



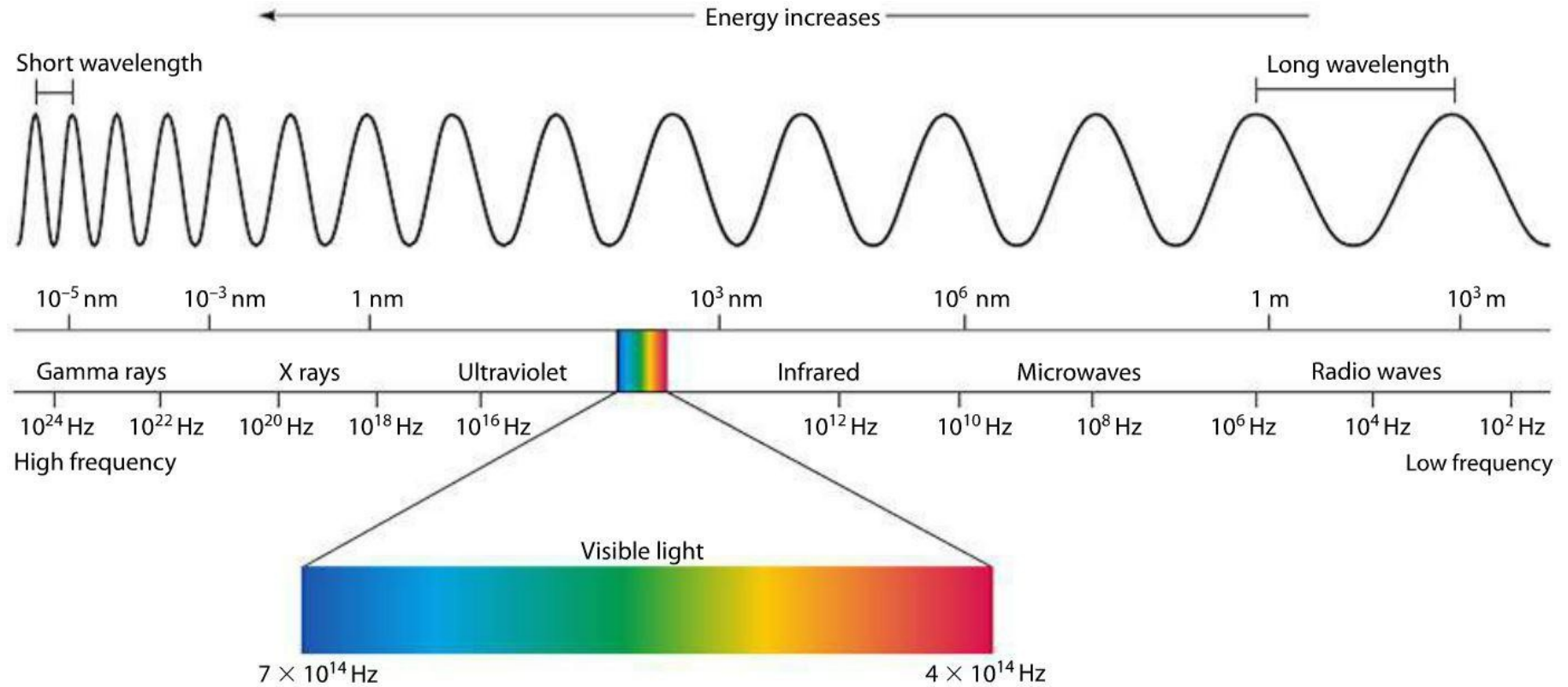
Júpiter e seus satélites
Galileanos, OCV/UFRGS

Fontes	
Detetor	
Instrumentos	
Carregador de informação	
Meio	

Carregadores de informação

- **Radiação eletromagnética: luz visível, UV, infravermelho, ondas de rádio**
- Partículas atômicas e subatômicas: vento solar, raios cósmicos, neutrinos
- Radiação gravitacional (recente)
- Materiais coletados/analísados in situ (ex.: rochas lunares, superfície de Marte).

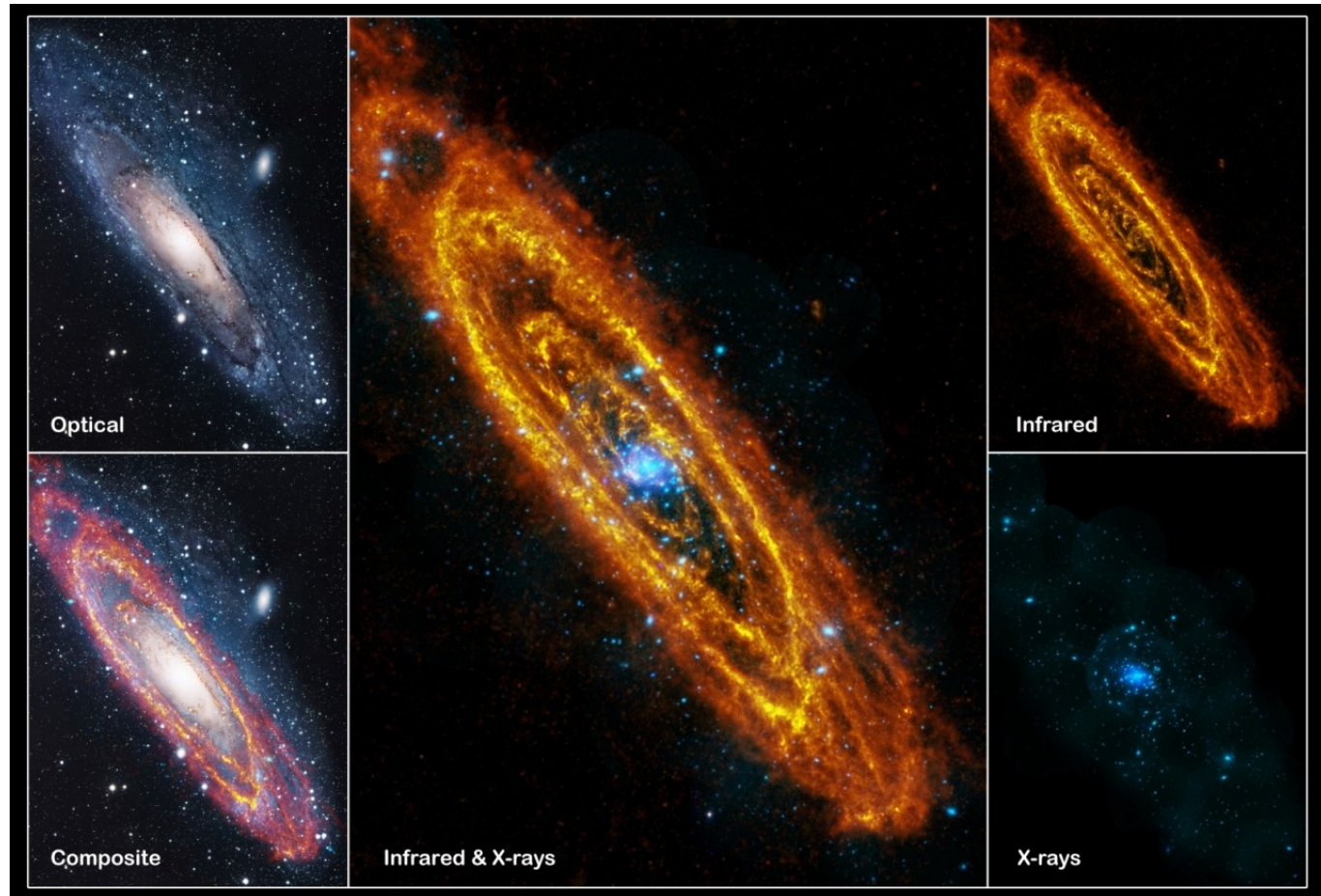
Espectro eletromagnético



Processos/objetos por domínio espectral

- Raios gama: reações nucleares, aniquilação de partículas, partículas fortemente aceleradas (campos magnéticos, explosões, colisões de partículas): quasares, pulsares, supernovas
- Raios-X: gás a altas temperaturas: gás em aglomerados, remanescentes de supernovas. Material a altas temperaturas, pressão e densidade: binárias de contato, estrelas de neutrons
- UV: estrelas quentes, gás quente
- Óptico e infra-vermelho próximo: grande maioria das estrelas, gás quente, galáxias normais no Universo próximo, planetas jovens
- Infra-vermelho médio: estrelas muito frias, planetas e satélites, poeira quente, galáxias distantes
- Infra-vermelho distante: poeira fria, galáxias com formação estelar e ricas em poeira, gás molecular, galáxias muito distantes
- Micro-ondas: radiação primordial do Universo, gás molecular
- Rádio: hidrogênio neutro, remanescentes de supernovas, partículas aceleradas, pulsares

M31 (Andrômeda): óptico, infravermelho e raios-X

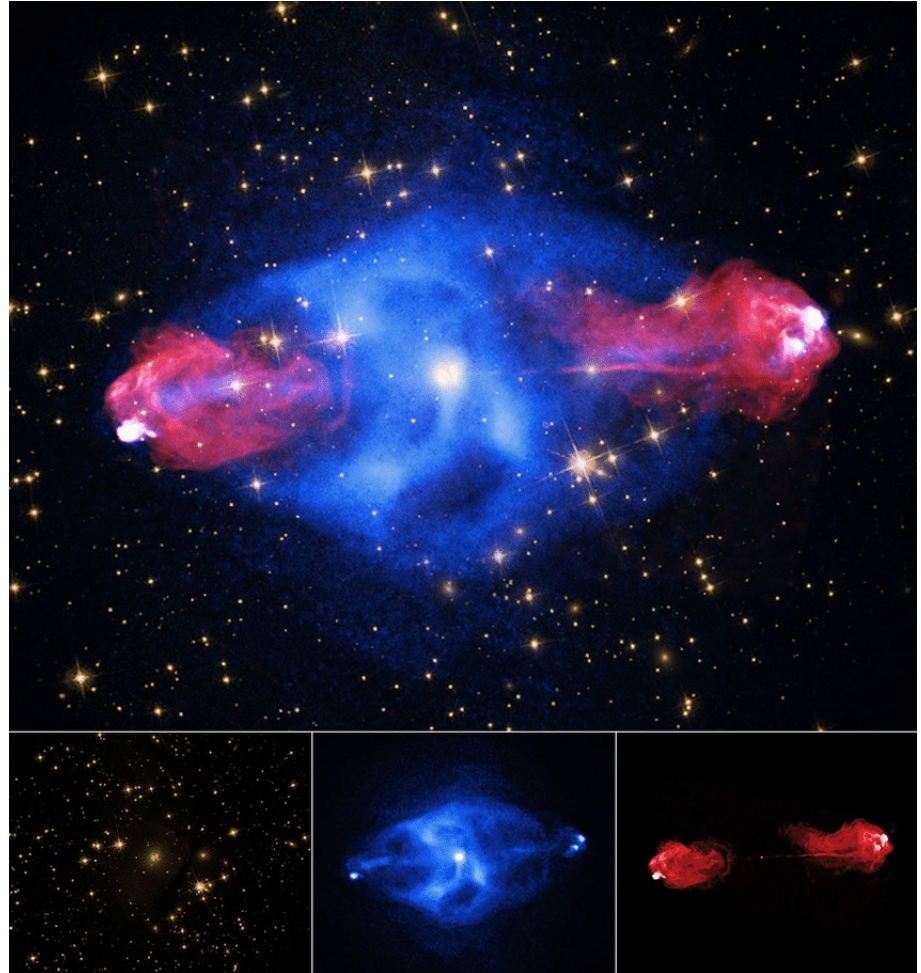


Radiogaláxia Cygnus A

Em azul, raios-X (telescópio espacial Chandra)

Em vermelho, rádio (interferometria com VLA)

Ambas combinadas com imagem óptica, obtida com Hubble e Sloan Digital Sky Survey.



Tipos de telescópio

- Elemento de coleta:
 - espelhos (refletores);
 - lentes (refratores)
- Montagem:
 - equatorial: se move paralelo e perpendicular ao equador
 - alto-azimutal: se move vertical e horizontalmente
- Foco: primário, Newtoniano, Cassegrain, Coudé, Nysmith, ...
- Aberrações e suas correções:
 - lentes: aberração cromática
 - espelhos esféricos: aberração esférica
 - coma: espelhos parabólicos

Tipos comuns de foco

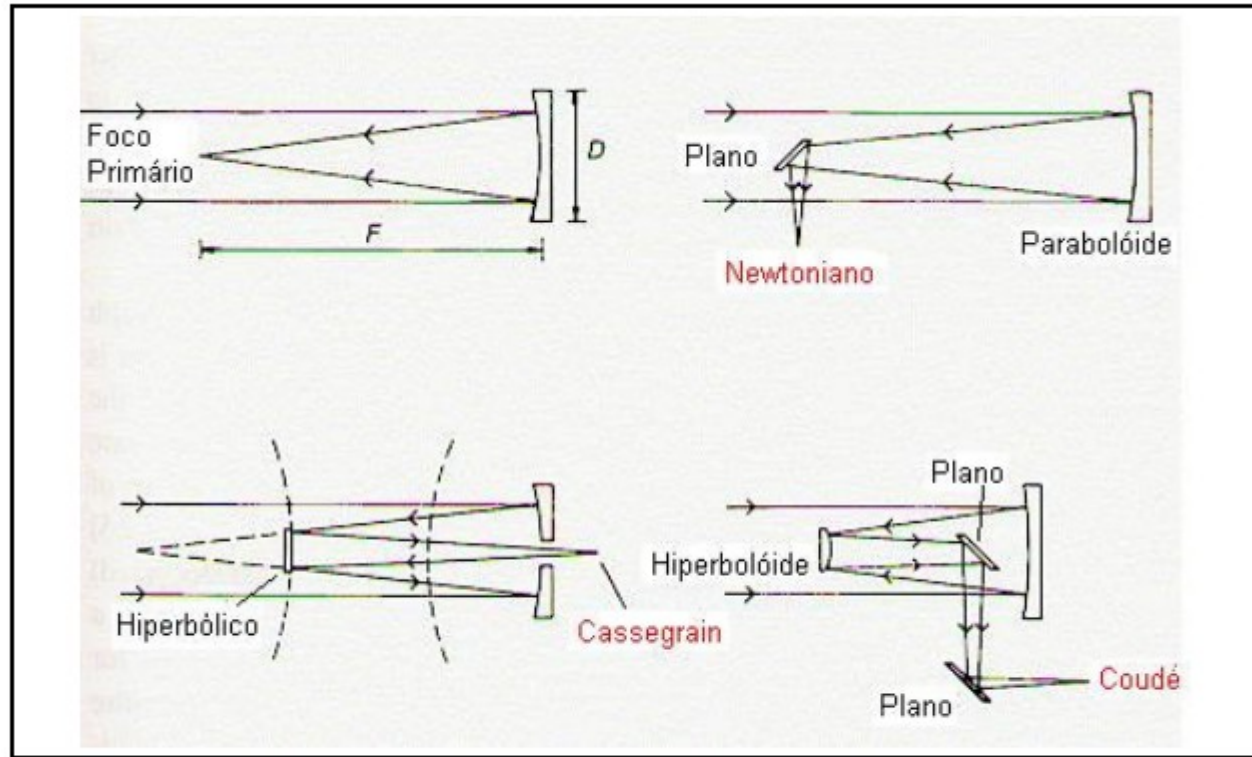


Figura 5. Principais tipos de focos utilizados na construção de telescópios refletor.

Foco newtoniano, montagem
altoazimutal simplificada. Chamado
de telescópio Dobsoniano



Os nossos telescópios



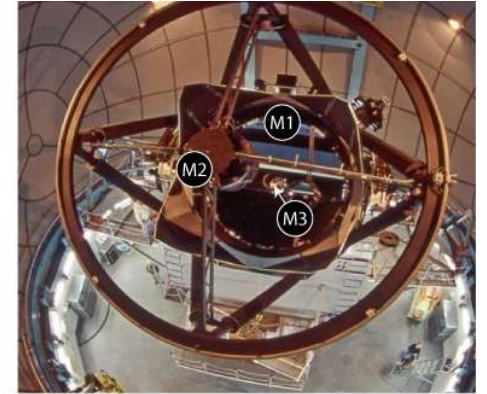
Telescópios na UFRGS: acima, refrator situado no campus central, montagem equatorial; à direita: refletor usado em observações didáticas e para divulgação (espelho esférico $D=30\text{cm}$, lente corretora, foco Cassegrain, montagem alto-azimutal).



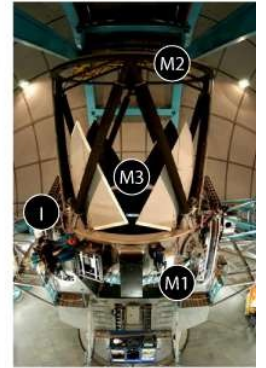
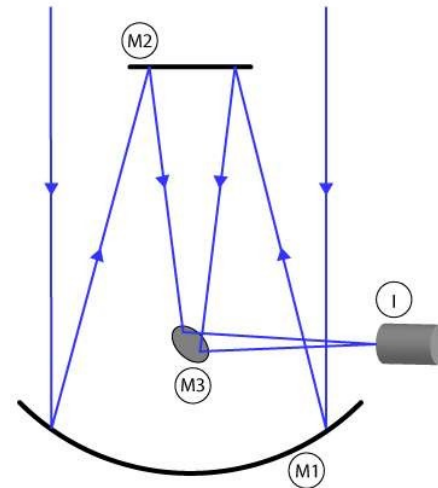
Grandes telescópios ópticos



À esquerda: Gemini Sul, espelho de 8m, foco Cassegrain; À direita: SOAR, espelho de 4.2m, foco Nasmyth



M1: primary mirror
M2: secondary mirror
M3: tertiary mirror
I: instrument



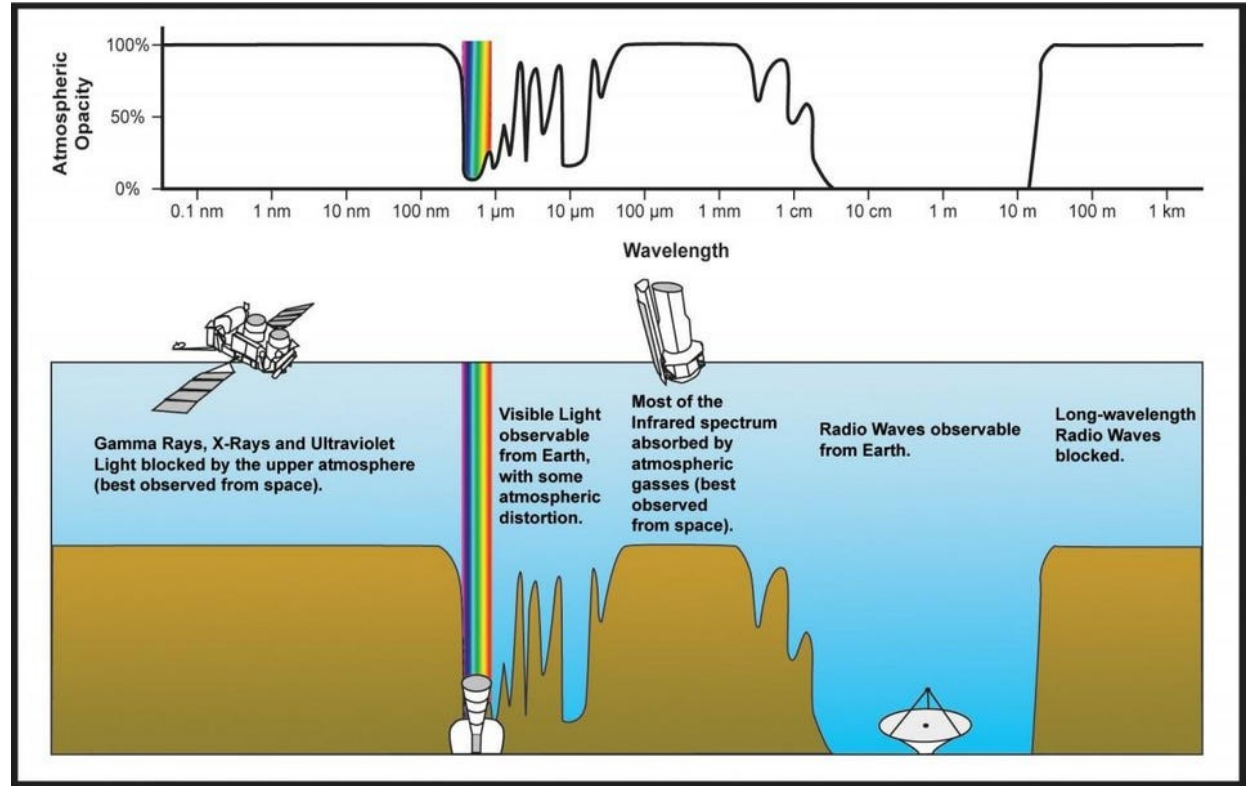
Radio telescópios



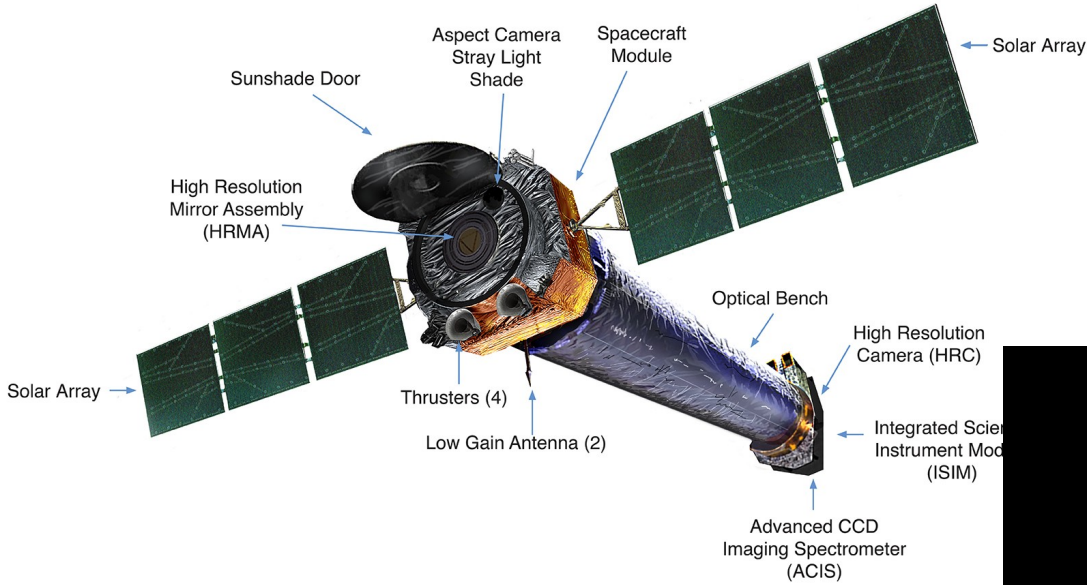
Very Long Array (VLA): 27 antenas de 25m de diâmetro cada
→ interferometria → alta resolução espacial

Telescópios espaciais e infra-vermelhos

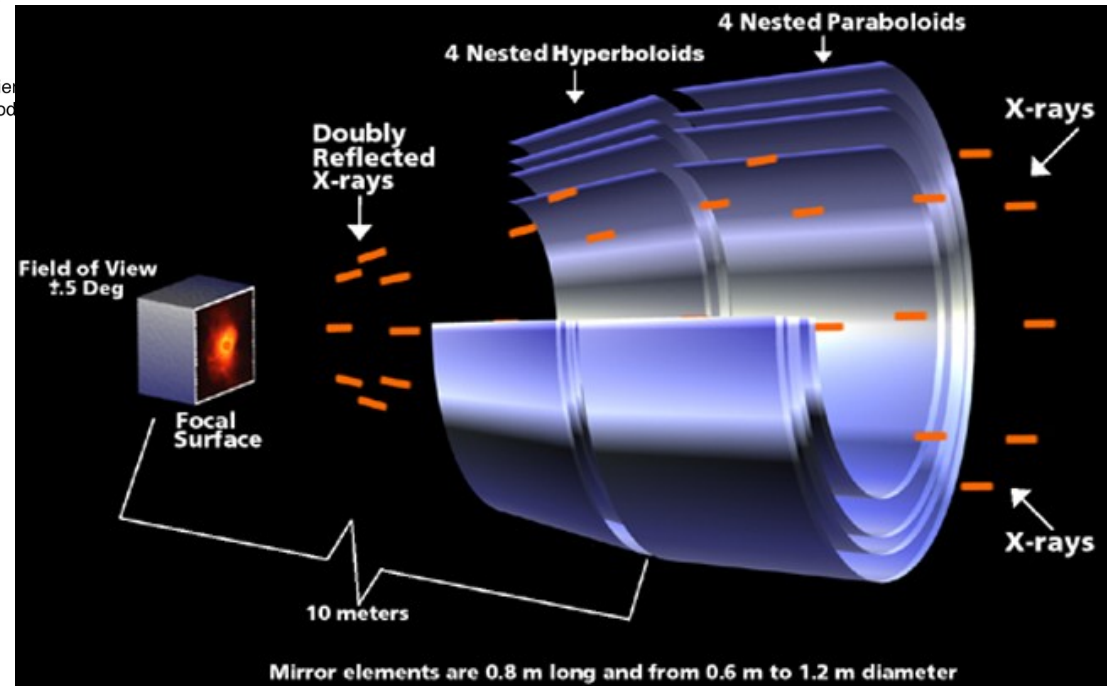
- Meio atmosférico bloqueia radiação na maior parte do espectro → balões e telescópios espaciais
- Meio interestelar bloqueia radiação visível → telescópios no infravermelho



Telescópios Espaciais – raios X



Telescópio Chandra: raios X.



Telescópios espaciais - infravermelho



Acima: Spitzer (0.85m), domínio espectral de 3 a 180 μm ; À direita: Herschel (3.5m), domínio espectral de 55 a 672 μm .

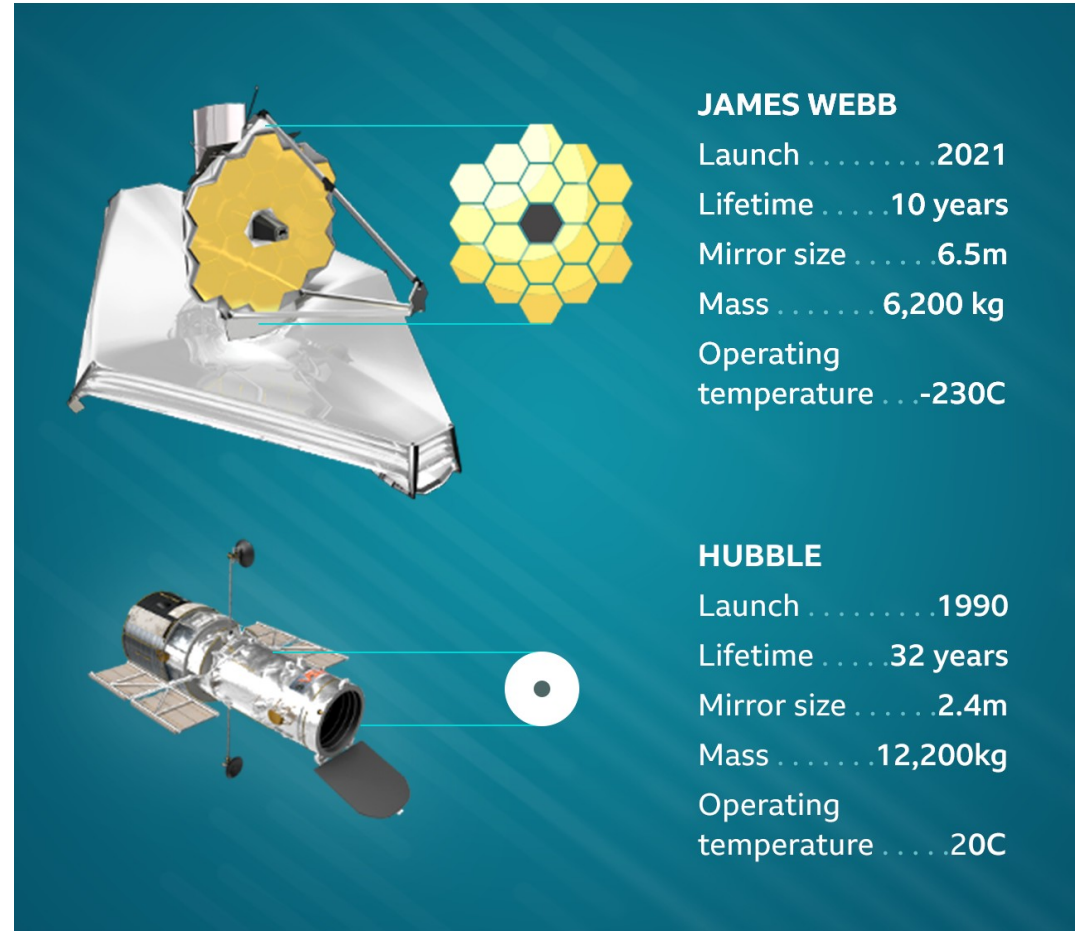


Hubble and James Webb

James Webb and Hubble compared

Hubble: telescópio óptico e infravermelho próximo: UV (300nm) à banda K (2200 nm).

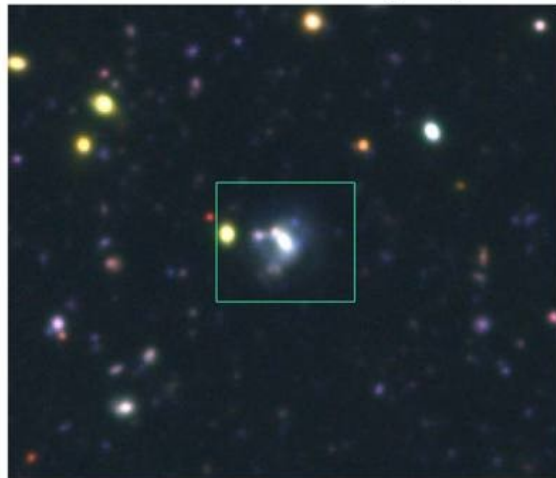
James Webb: visível, infravermelho próximo e médio: 0.6 a 28 μm



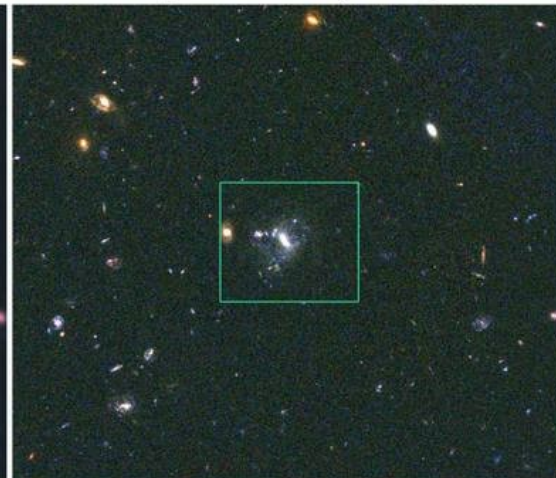
Por que lançar telescópios ópticos no espaço?

- Observação em solo → meio atmosférico → resolução espacial degradada
- Ambas são imagens ópticas, obtidas com CCD acoplados a telescópios. A imagem mostra uma pequena região do céu, com muitas fontes, a mais brilhantes delas uma galáxia espiral com várias regiões de formação estelar.

Ground: Subaru (8m)

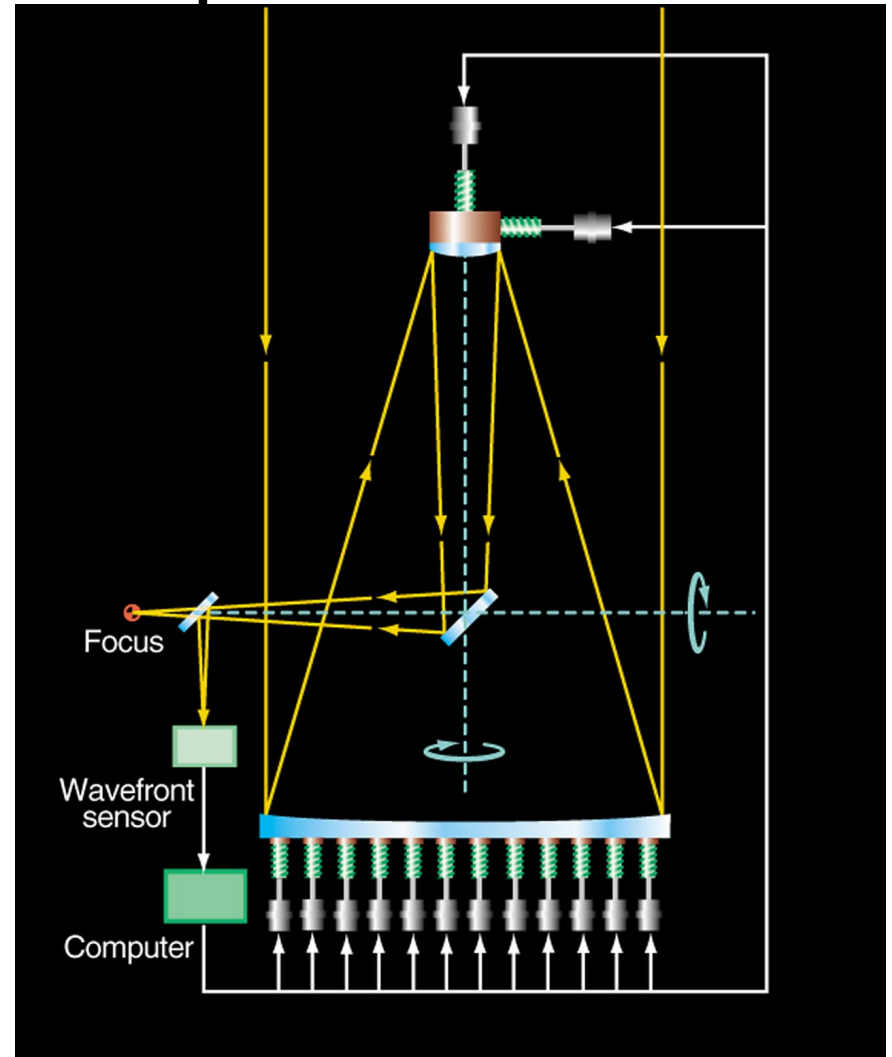


Space: *HST* (2.4m)



Óptica ativa e adaptativa

- Melhoraram qualidade de imagens ópticas e no infravermelho obtidas em solo.
- Óptica ativa: atuadores mantêm forma da superfície primária, compensando em tempo real as deformações mecânicas e térmicas sofridas por essa superfície. Indispensável no caso de espelhos com $D > 8\text{m}$.

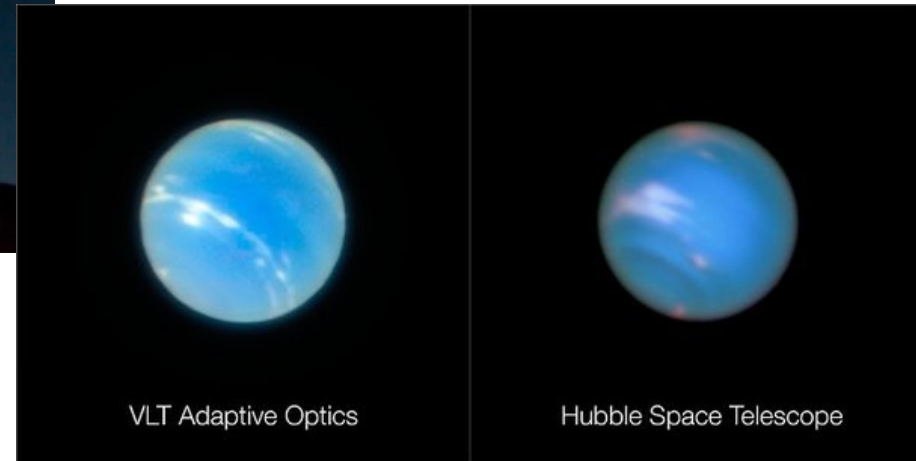


Óptica Adaptativa

Óptica adaptativa: atuadores corrigem, parcialmente e em tempo real, o feixe de luz coletado para distorções causadas pela turbulência atmosférica, antes de incidir no detector. Atuam em alta frequência, monitorando imagens de estrela brilhante.



Acima: telescópios Gemini usando laser para projetar estrela artificial no céu, para óptica adaptativa; À direita: comparações de AO com imagens do solo e do Hubble.



Tipos de detector

- Processo de detecção → construção de um sinal: processos físico-bioquímicos, físico-químicos, físicos
- Resposta espectral → faixa em comprimento de onda ou frequência coberta

Características de um detector

- Eficiência: fração do fluxo/energia do carregador de informação é registrado como um sinal
- Escala: pode ser espacial ou espectral. É o tamanho no céu ou na direção de dispersão da luz de um elemento do detector
- Resolução: pode ser espacial ou espectral. É a capacidade teórica do sistema telescópio+instrumentos+detector de separar sinais
- Fontes de ruído: o ruído dificulta a detecção de um sinal → Razão sinal/ruído, S/N.

Tipos de observação astronômica

- **Imageamento**
- **Espectroscopia**
- Altimetria
- Coleta/análise de sinais ou de materiais, in situ ou em laboratório

Técnicas de medidas astronômicas

- **Astrometria, fotometria** → posições, movimentos no céu, distribuição de brilho, forma, tamanho, fluxo total, variação de brilho
- **Análise espectral** → composição química, propriedades físicas, velocidade radial, propriedades do meio interestelar...
- Interferometria → imagem e fotometria de alta resolução espacial
- Coronografia → detecção da cromosfera e coroa solar, detecção de planetas extrassolares, ...
- Polarimetria → estudo de luz polarizada
- Mapeamento de superfícies, análise físico-química de rochas, gases,...

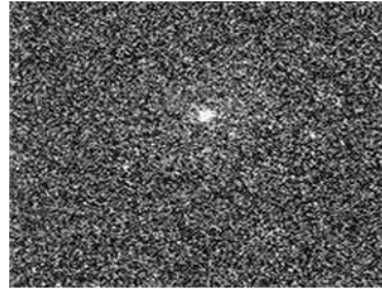
Imagens digitais

Pixel → elemento da imagem → sinal

Objeto → sinal localizado, ruído associado.

Céu → sinal de fundo, flutuações (ruído de céu)

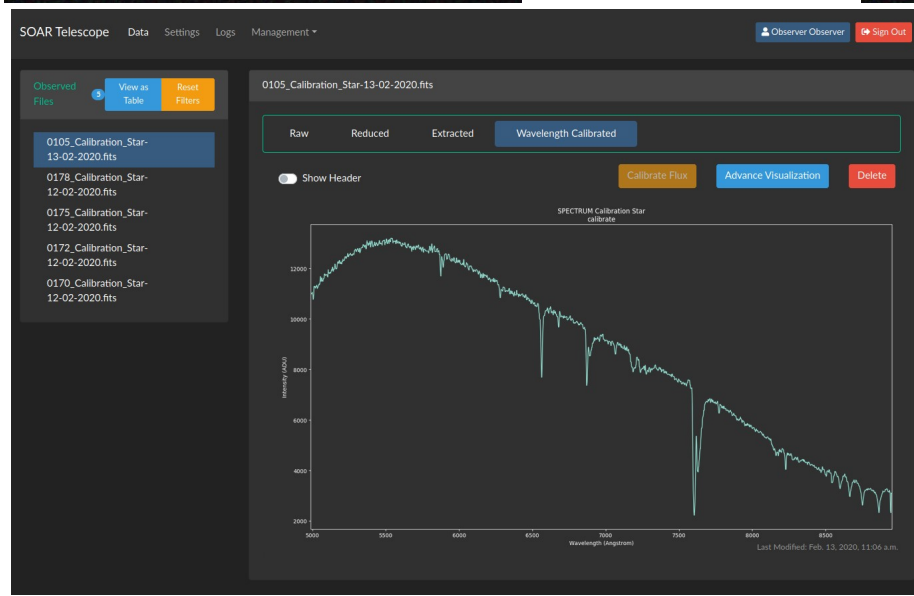
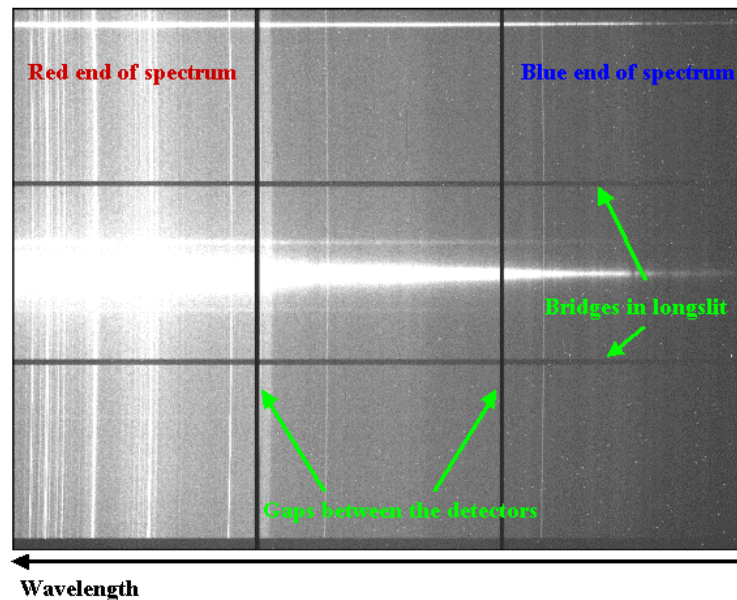
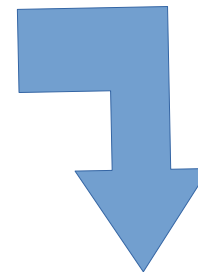
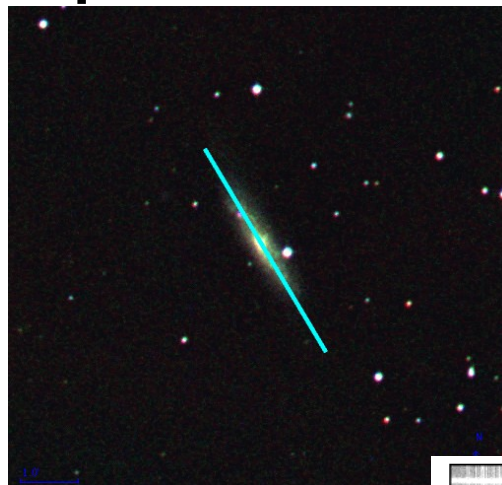
Condição para detecção: sinal \gg ruído total



Observing with a CCD

- 1, 10, 100 and 1000 sec exposures of M100
- S/N ratio improves with exposure time
- Readout noise dominates in the shortest exposure
- Photon noise in the sky dominates for the longest exposure

Espectros

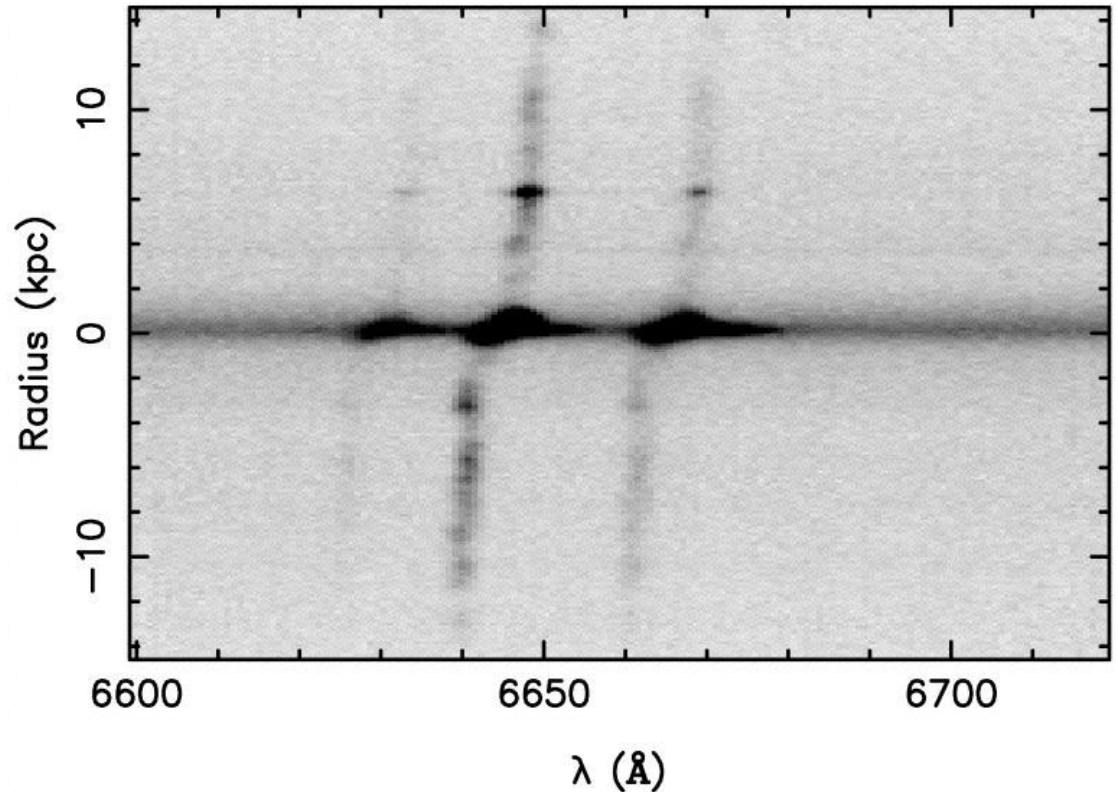


Efeito Doppler – velocidades, redshifts

Linha central: $H\alpha$: $\lambda = 6563\text{\AA}$

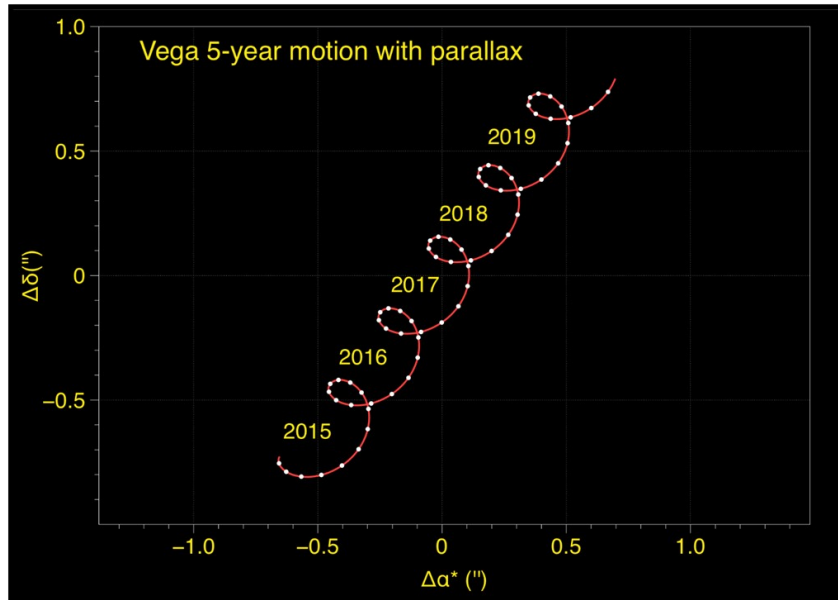
Desvio para o vermelho:
 $z = (6652 - 6563) / 6563 = 89 / 6563 = 0.014$

De um lado da galáxia →
comprimentos de onda
menores. Do outro →
comprimentos de onda
maiores. Rotação!



Satélite Astrométrico Gaia - astrometria

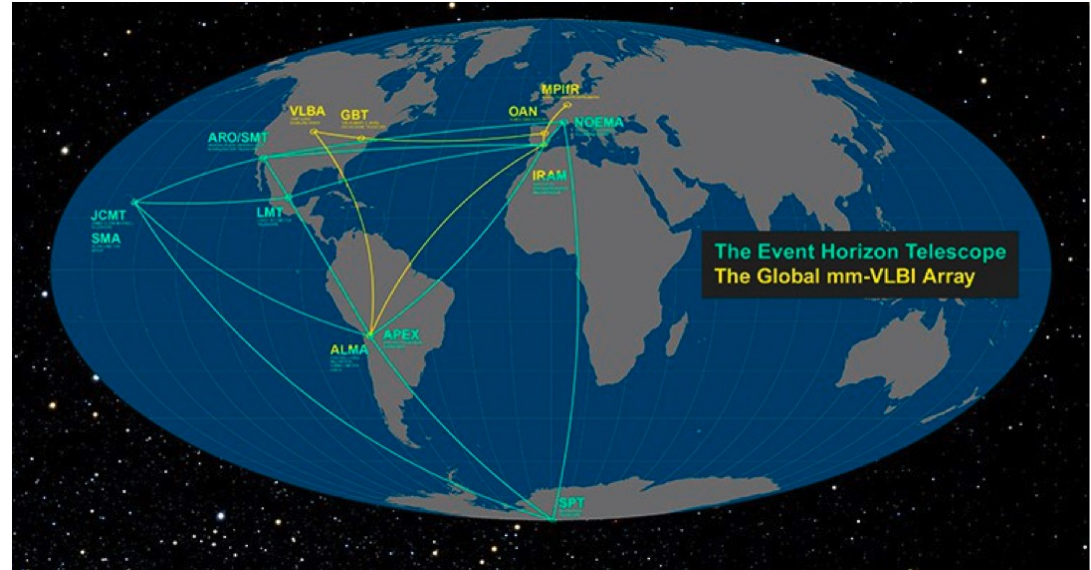
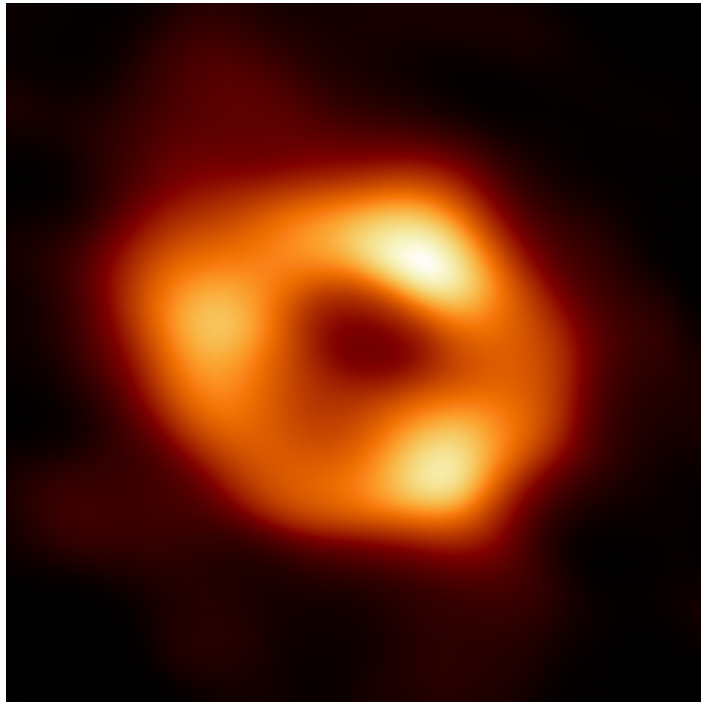
Mede com precisão as coordenadas celestes de centenas de milhões de estrelas ao longo do tempo → distâncias, movimentos próprios.



Event Horizon

<https://eventhorizontelescope.org/>

- Interferometria no domínio milimétrico ($\lambda \sim 1.3\text{mm}$).
- Estações espalhadas por toda a Terra.



Acima: estações de observação usadas no EHT (em verde); À esquerda: imagem reconstruída de SgrA*, fonte de rádio no centro da Galáxia.

Radiação gravitacional

- Causada por campos gravitacionais intensos e variáveis no tempo;
- Se propagam pelo espaço → alteração de comprimentos, distâncias da ordem de 10^{-20}

