



Universidade Federal de Santa Maria

Departamento de Física



E lá vamos nós: James Webb, Buracos Negros e a Evolução das Galáxias

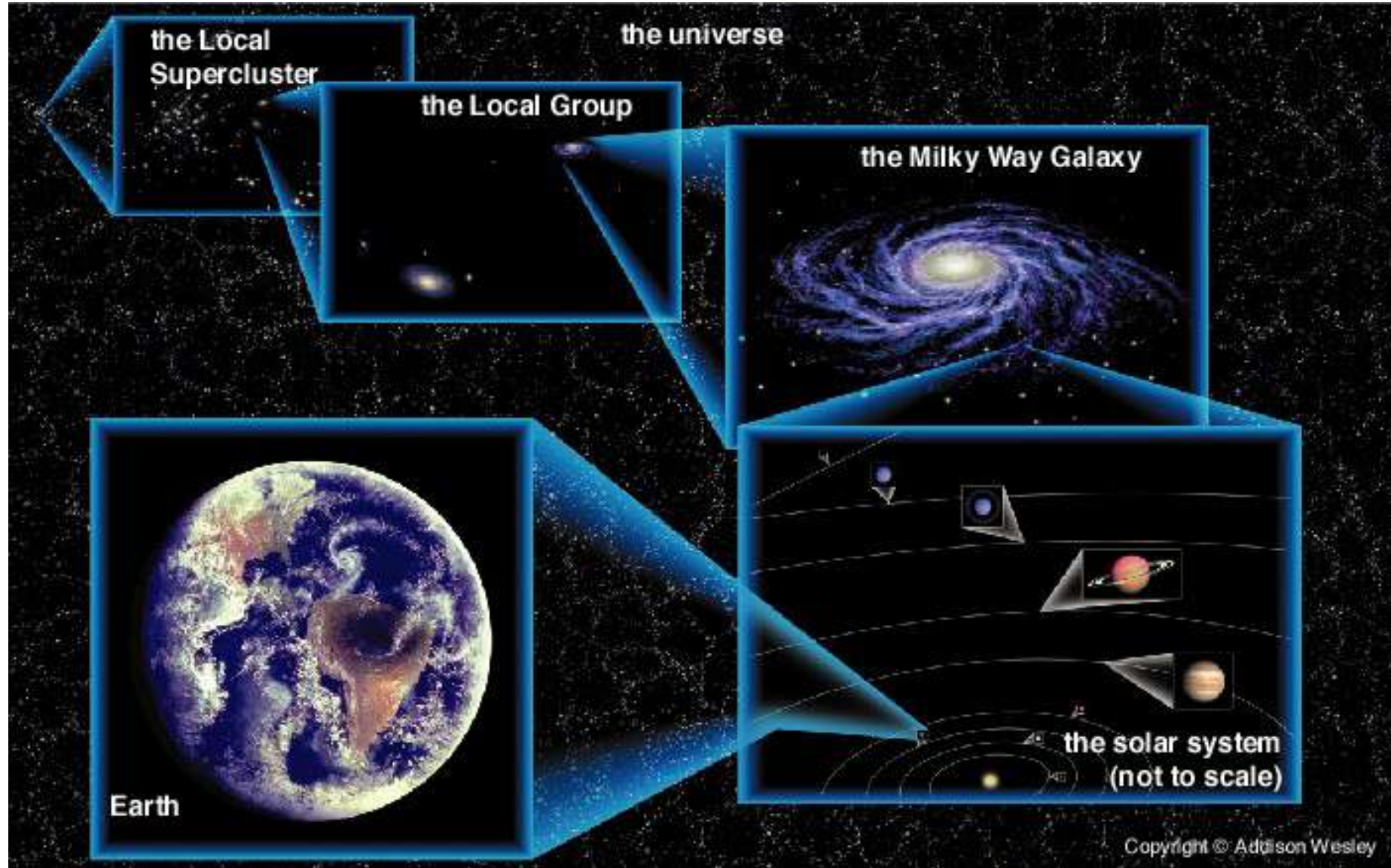
Rogemar A. Riffel

rogemar@ufsm.br

ICTP South American Institute for Fundamental Research, 20/12/21

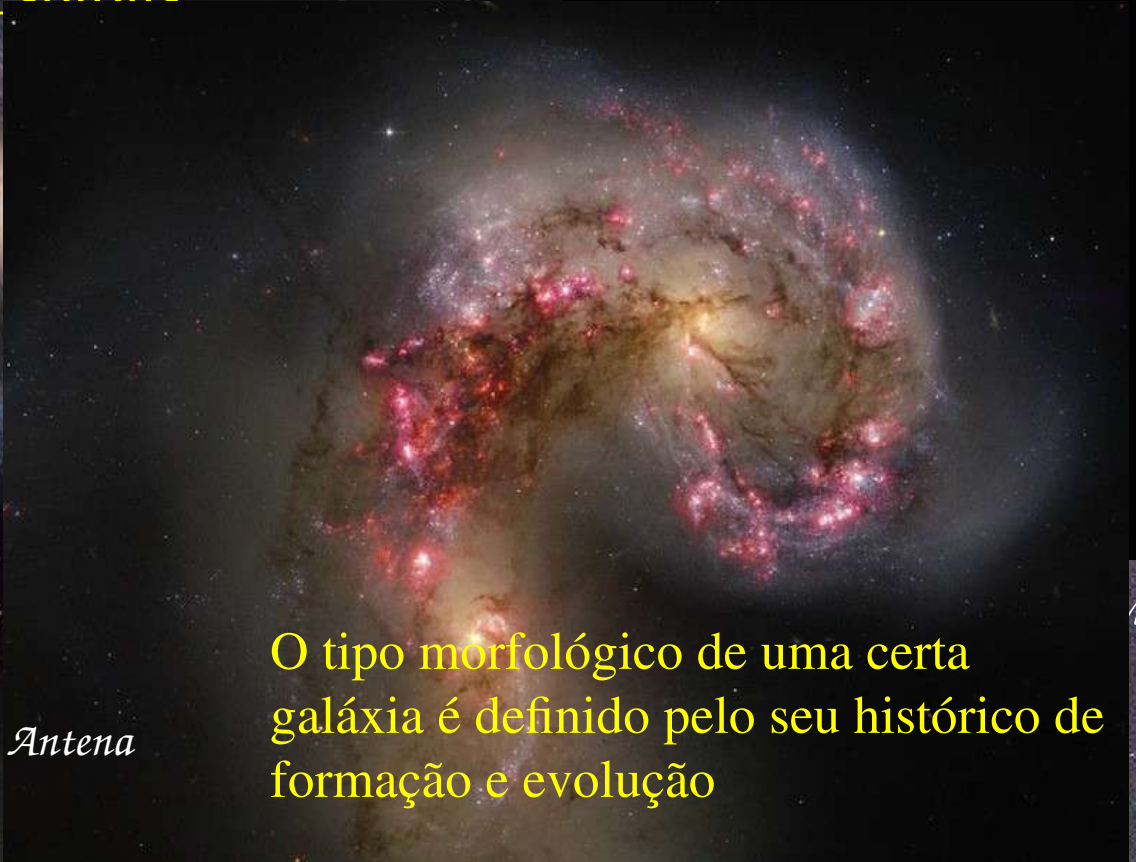
Crédito da imagem: ESA/AOES Medialab.

Nosso Lugar no Universo



Cerca de 1 trilhão de galáxias no Universo

Espiral



Elípticas



NGC1132
(HST)

Antena

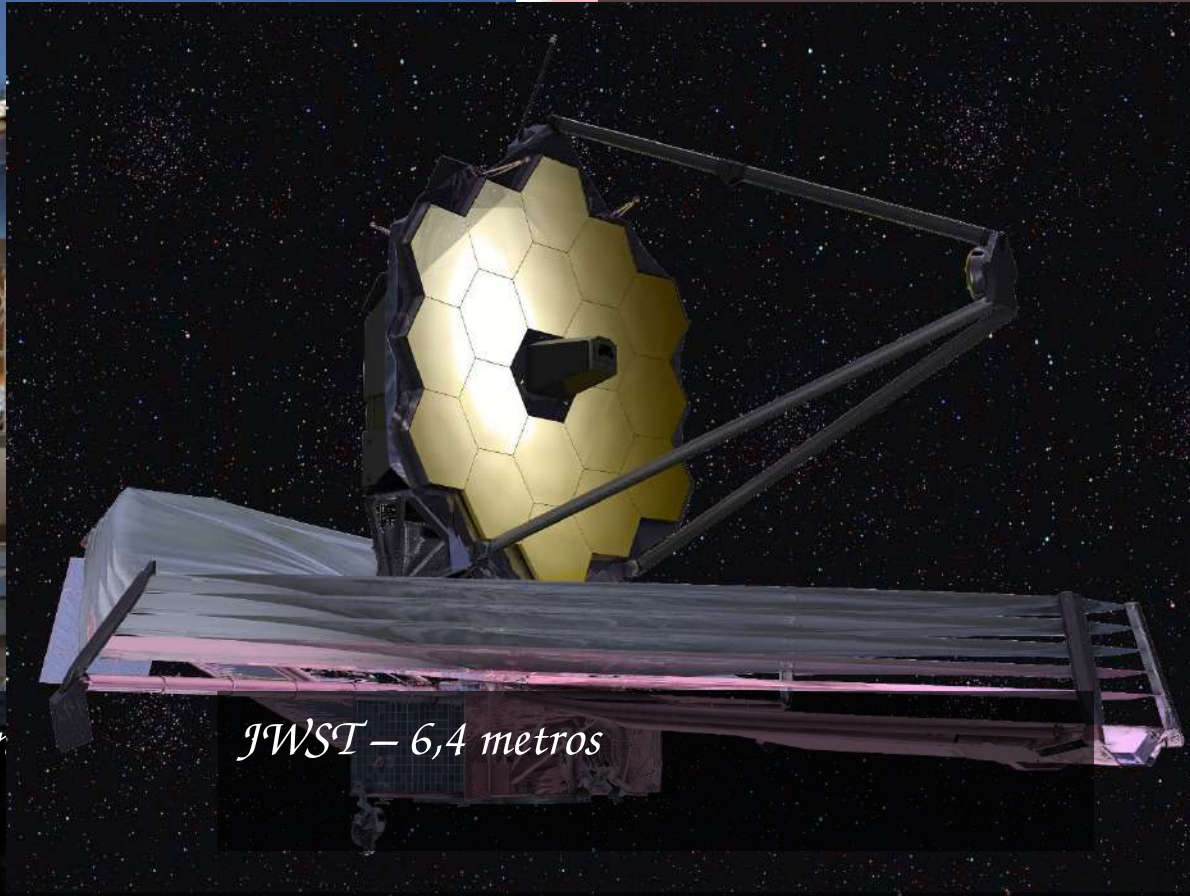
O tipo morfológico de uma certa galáxia é definido pelo seu histórico de formação e evolução



Observações



*Telescópio Gemini
8 metros*



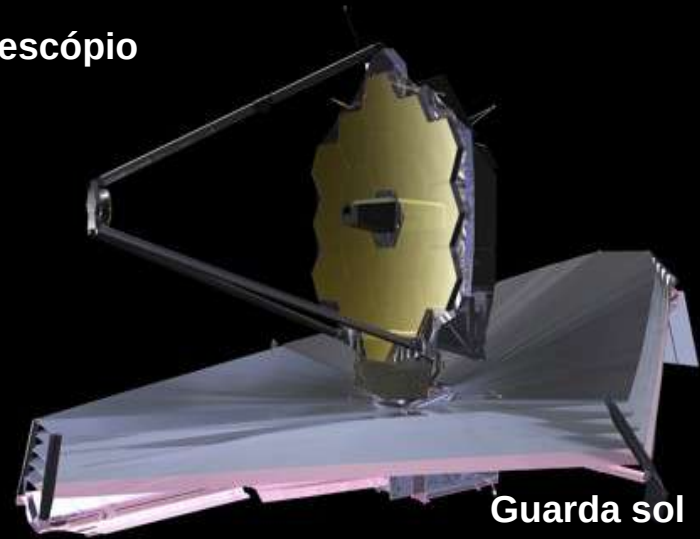
JWST – 6,4 metros



6,4 metros

Radio, raios-X, infravermelho, ultravioleta...

Telescópio



Guarda sol



HST
2.4 m



JWST
6.5 m

1 μm

10 μm

100 μm

Hubble

JWST

Infrared

James Webb

Hubble

Spitzer

Espectro eletromagnético

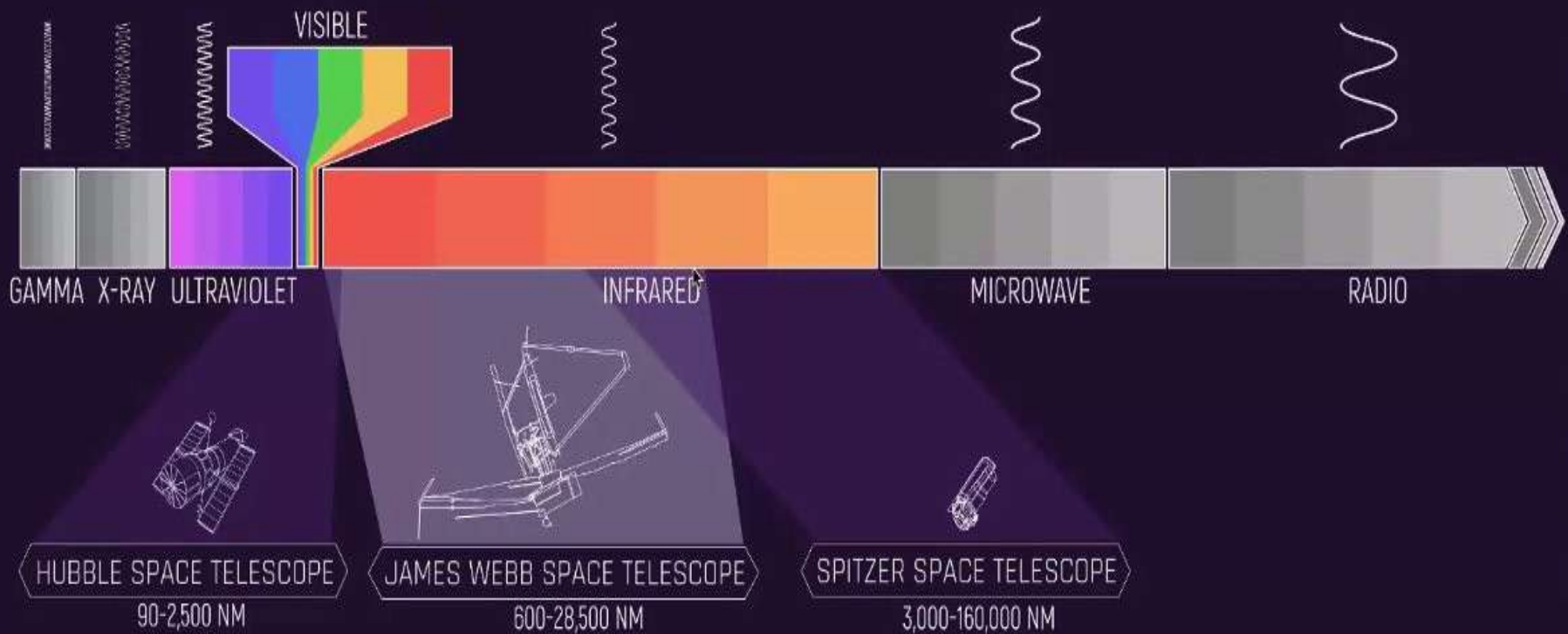
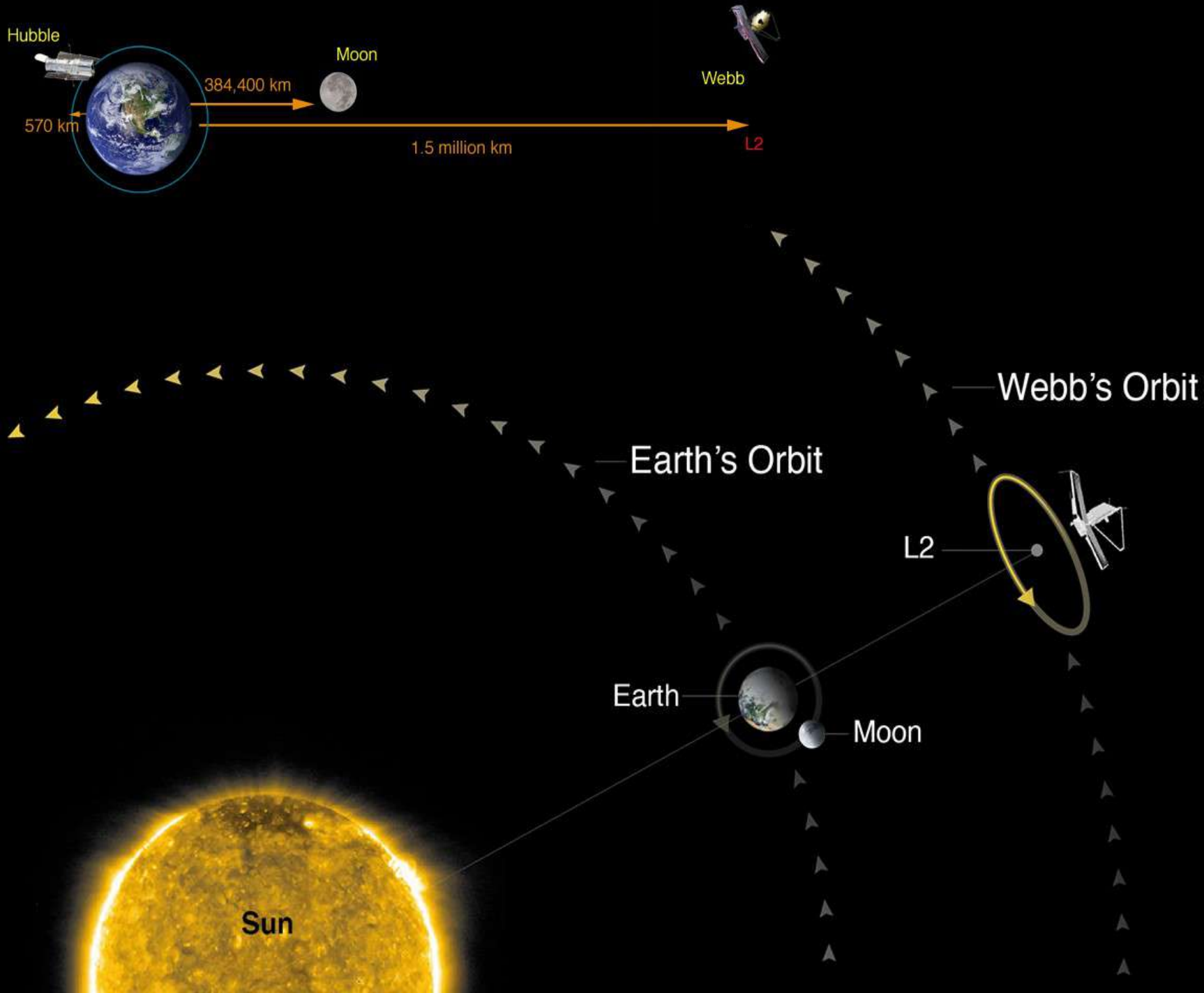
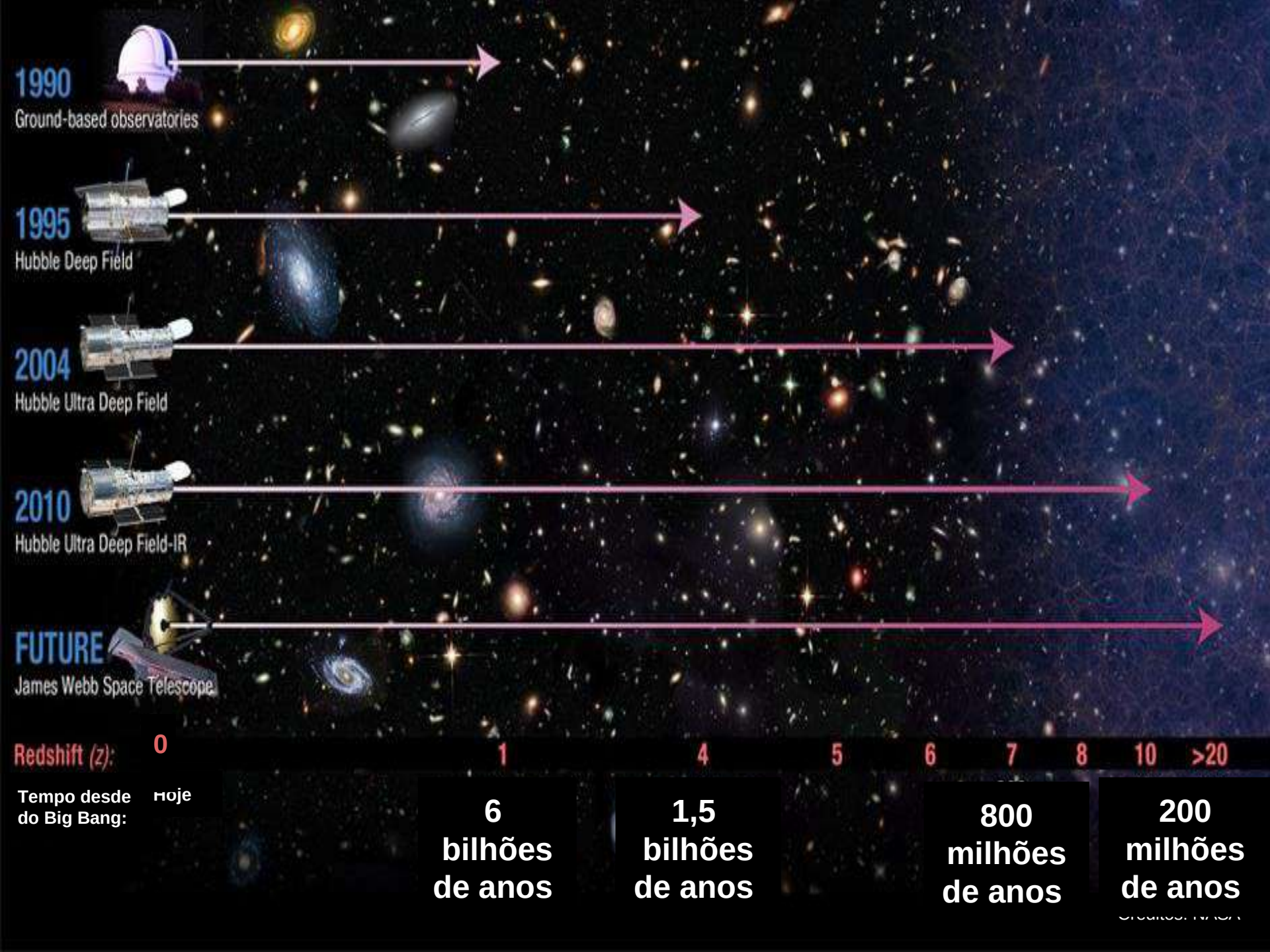


Image credit: NASA and J. Olmstead (STScI)





1990
Ground-based observatories

1995
Hubble Deep Field

2004
Hubble Ultra Deep Field

2010
Hubble Ultra Deep Field-IR

FUTURE
James Webb Space Telescope

Redshift (z):

0

1

4

5

6

7

8

10

>20

Tempo desde
do Big Bang:

Hoje

6
bilhões
de anos

1,5
bilhões
de anos

800
milhões
de anos

200
milhões
de anos

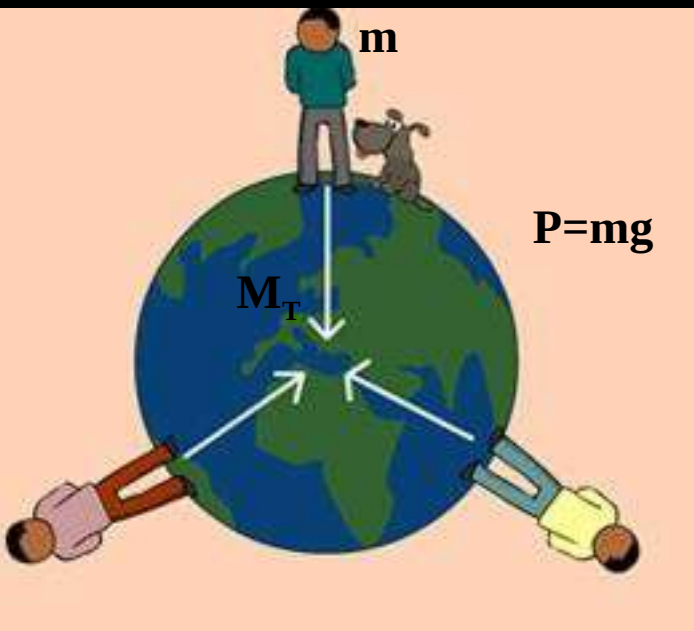
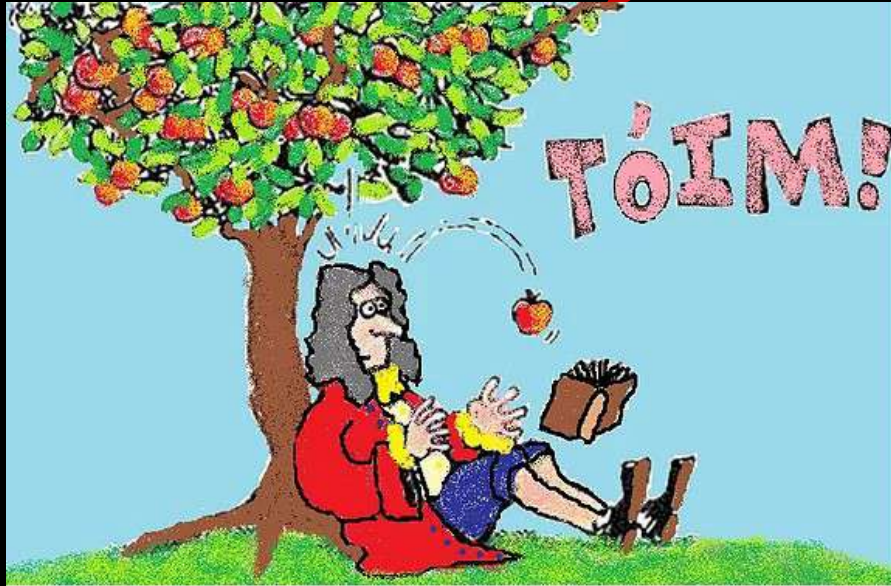
CRÉDITOS: NASA

Algumas distâncias

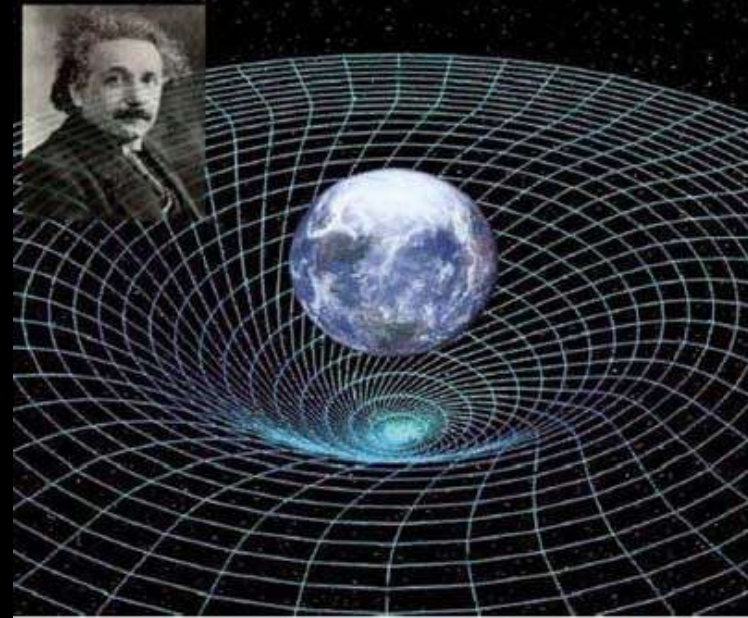
- *Raio da Terra: 6.370 km*
- *Distância Terra-Lua: 382.000 km*
- *Distância até o Sol: 150.000.000 km = 8 minutos-luz*
- *Distância até a estrela mais próxima: 4,2 anos-luz*
- *Distância até o centro da Via-Láctea: 30.000 anos-luz*
- *Distância até as Nuvens de Magalhães: ~150.000 anos-luz*
- *Distância até a galáxia Andrômeda: 2.000.000 anos-luz*
- *Tamanho do Universo: ~13.000.000.000 anos-luz*

MAS, E OS BURACOS NEGROS?

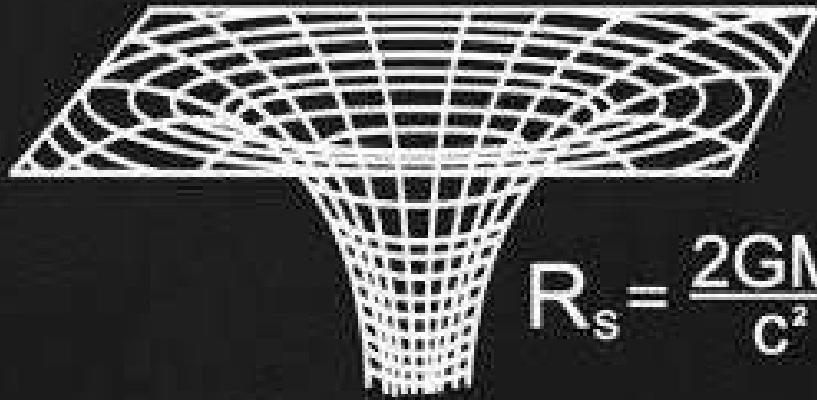
$$F = \frac{GMm}{R^2}$$



Einstein: M_T curva o espaço ao seu redor



Once you go black,



You never go back.

BURACOS NEGROS

Se caiu, não sai mais!

Terra = raio de 9 mm.

Sol = raio de 3 km.

Via Láctea (BN
Supermassivo)

M=4 milhões de Sóis:

$R_{Sch} = 12$ milhões km



Como se formam os BNs?

Depende da massa!

- Estelares ($\sim 10 M_{\text{Sol}}$):
Explosão de Supernovas
- BNs supermassivos (BNS: 10^6 - $10^9 M_{\text{Sol}}$): No centro das galáxias, no Universo jovem



Animação do sistema GRO J1655-40

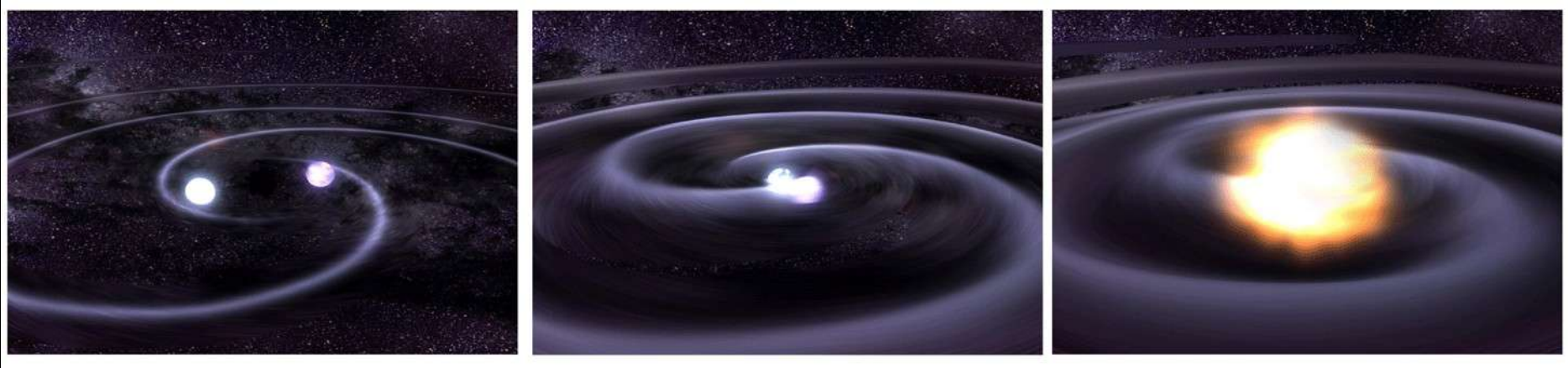


www.spacetelescope.org

Matéria da estrela sendo acretada pelo buraco negro.

Prêmio Nobel de Física de 2017

Descoberta (11/02/16): ondas gravitacionais (em 14/09/15) - colisão de 2 BNs estelares ($\sim 30 M_{\odot}$) numa galáxia a 1.2 bilhões de anos-luz

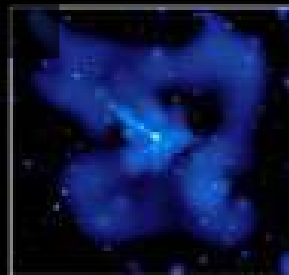


Astrofísica multi-mensagem

BURACOS NEGROS SUPERMASSIVOS

No centro das galáxias,
com massas de milhões a
bilhões de massas
solares.

Exemplo: galáxia ativa
(rádio-galáxia) Centaurus
A (BN de 100 Milhões de
massas Solares)



CHANDRA X-RAY



DSS OPTICAL



NRAD RADIO
CONTINUUM



NRAD RADIO
(21-CM)

Buraco negro jantando uma estrela

Creditos: NASA

Paradigma Atual

A energia dos Núcleos Ativos de Galáxias é devida a **acrecção de matéria** ao Buraco Negro Supermassivo central.

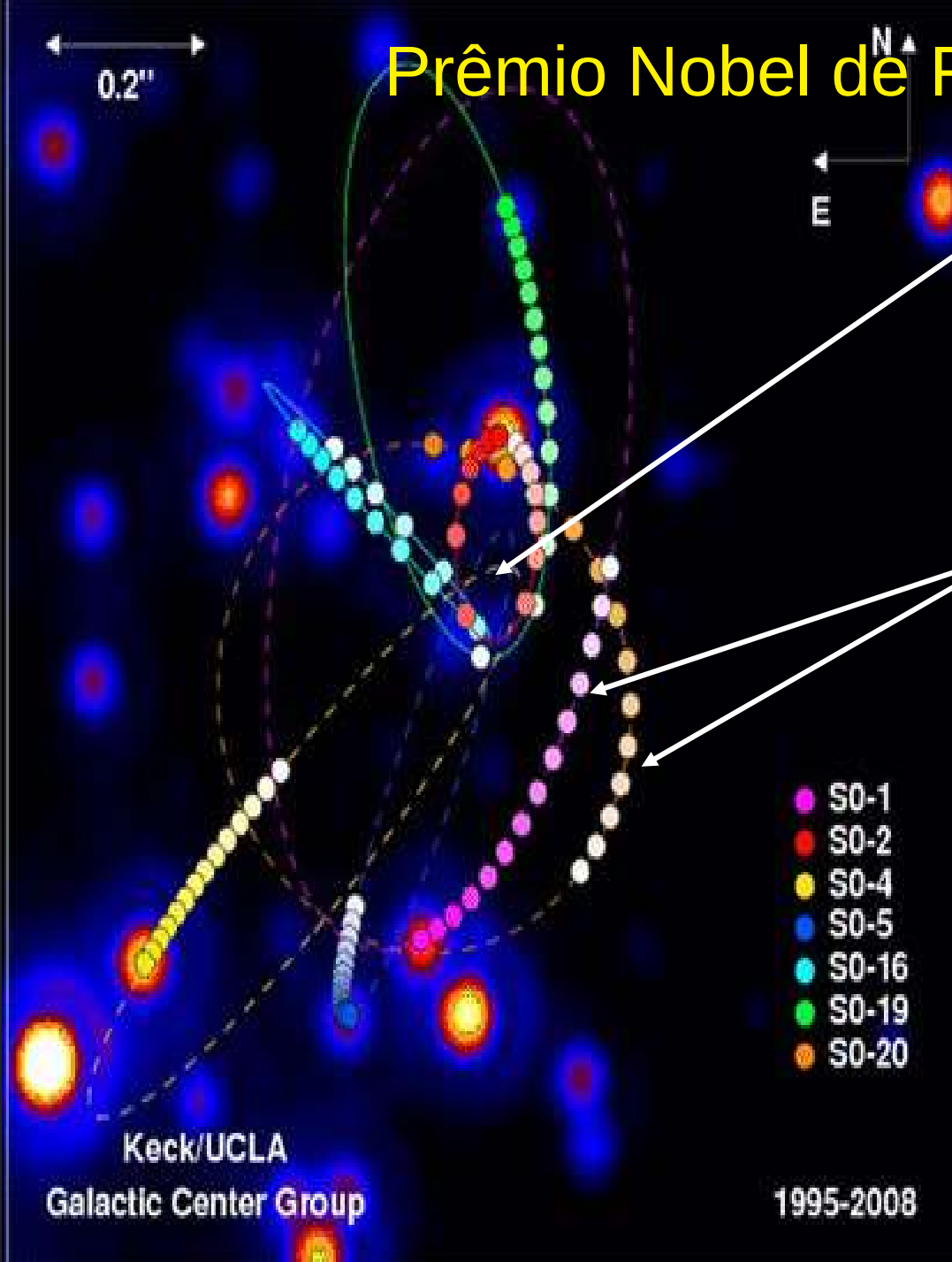
A acreção se dá através de um **disco de acreção**, que se forma para conservação do momentum angular

Galáxias Ativas: O BNS está se alimentando.

Galáxias Normais: Não há alimento próximo do BNS.



Prêmio Nobel de Física 2020



O BNSM da nossa galáxia

- Sag A* (4 milhões de MSol)
- Estrelas em órbitas ao redor deste centro massivo

Roger Penrose



Universidade de Oxford, Reino Unido.

Andrea Ghez



Universidade da Califórnia.

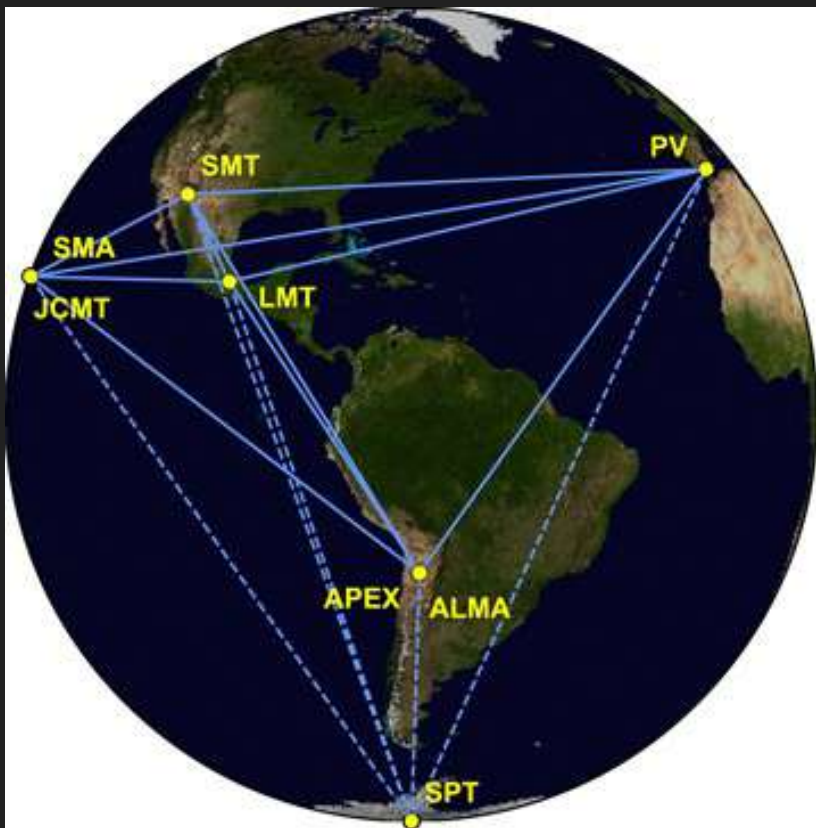
Reinhard Genzel



Diretor do Instituto Max Planck, Alemanha e Professor na Universidade da Califórnia EUA.

Telescópio do Horizonte de Eventos (EHT)

Objetivo: **observação direta (imagem)** do horizonte de eventos de um BN



A sombra do buraco negro é maior que o nosso sistema solar!

Confirmação de uma previsão da Teoria da Relatividade: um BNS gera uma “sombra” na frente de um disco de acreção brilhante!!

M87: Possui um buraco negro supermassivo de 6 bilhões de ‘sóis’



50 micro segundos de arco

Seria possível ler data em uma moeda de 1 Real que está em Orlando, a partir de Santa Maria.

7.102 km

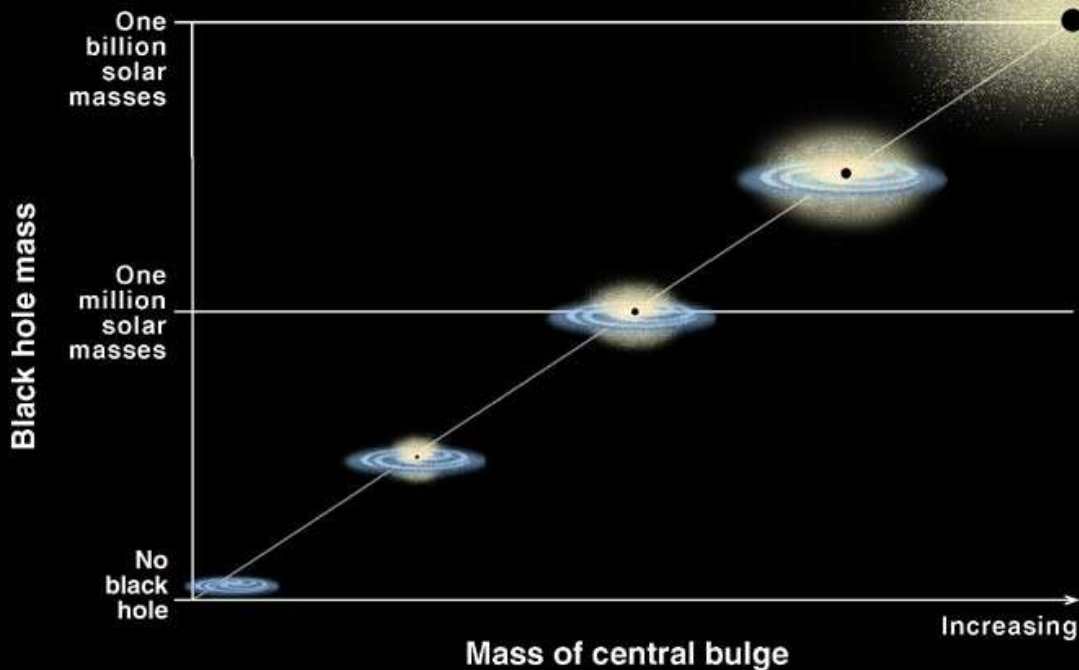
Distância de Santa Maria até Orlando



BNS e evolução de galáxias

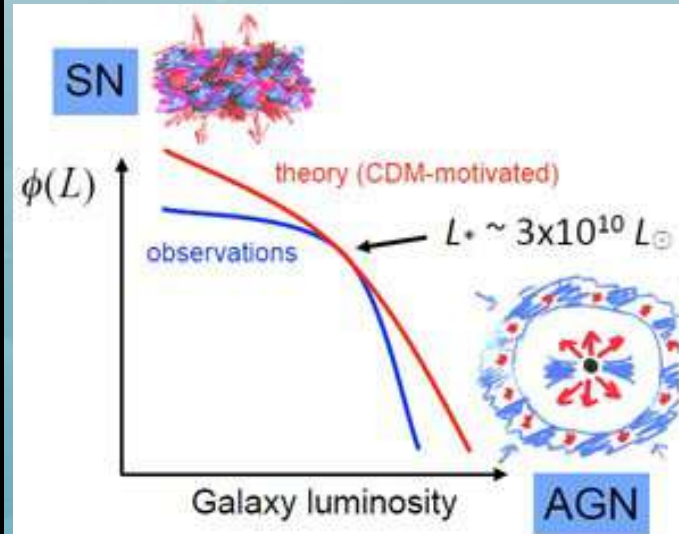
O pico de formação estelar e de galáxias ocorreu nos **primeiros 3 bilhões de anos** do Universo.

Correlation Between Black Hole Mass and Bulge Mass



Credit: K. Cordes & S. Brown (STScI)

SMBH e galaxias evoluem juntos



Silk & Mamon, 2012.

Ventos de Núcleos Ativos de Galáxias

- Um dos principais objetivos da astrofísica extragaláctica é identificar como as galáxias se transformam de 'star forming' em quiescentes.
- Ventos e jatos de AGNs podem ser efetivos em suprimir a SF
- Ventos de AGNs são processos que ocorrem em múltiplas fases gasosas e podem produzir choques que cessam a formação de novas estrelas.
- As propriedades desses ventos ainda não são bem compreendidas



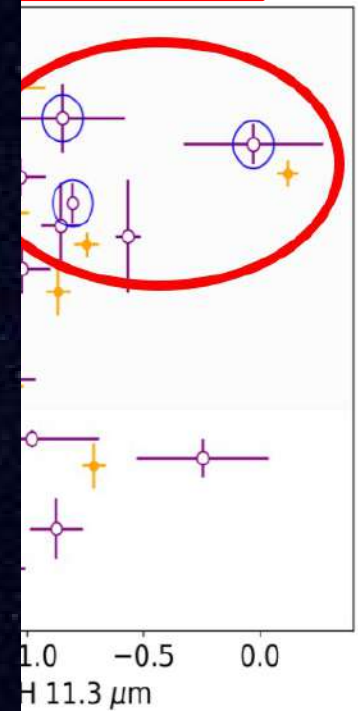
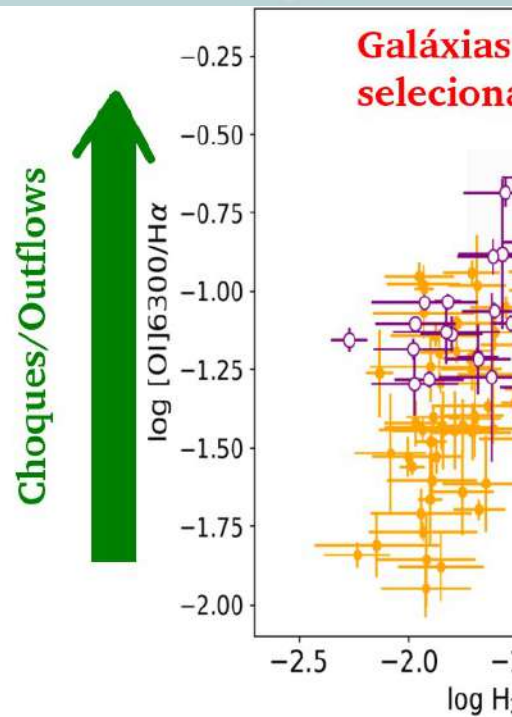
Credits: Gemini Observatory/Aura, art by Lynette Cook



Ventos Moleculares

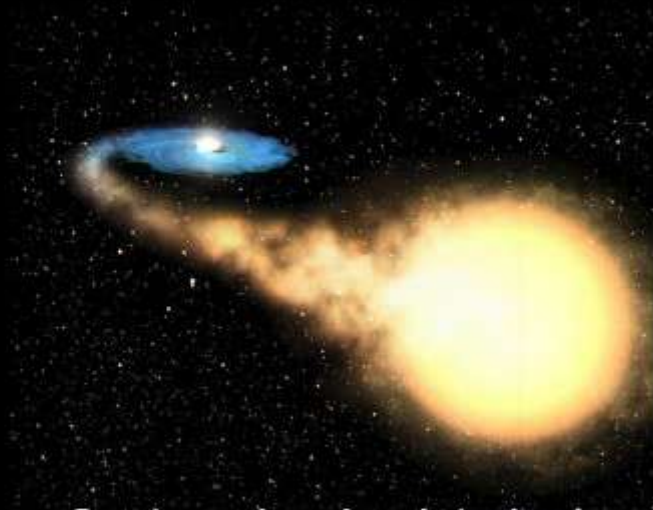
Proposta JWST aprovada!

potentes

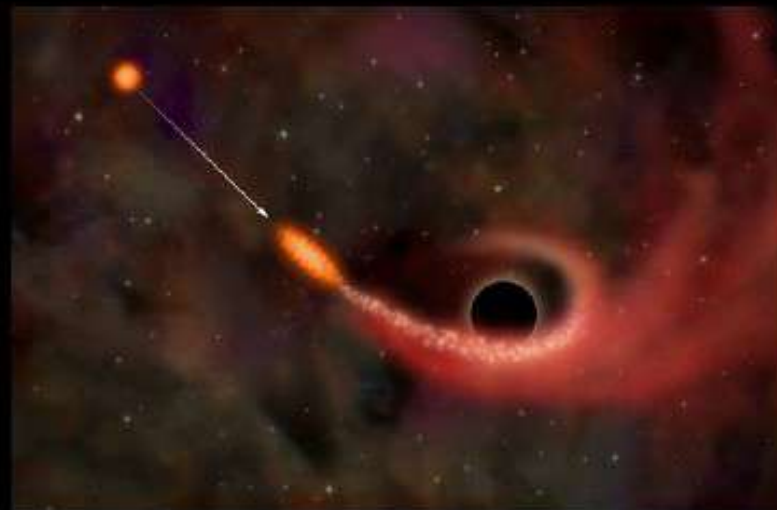


Emissão do hidrogênio molecular

Como Observar os Buracos Negros?



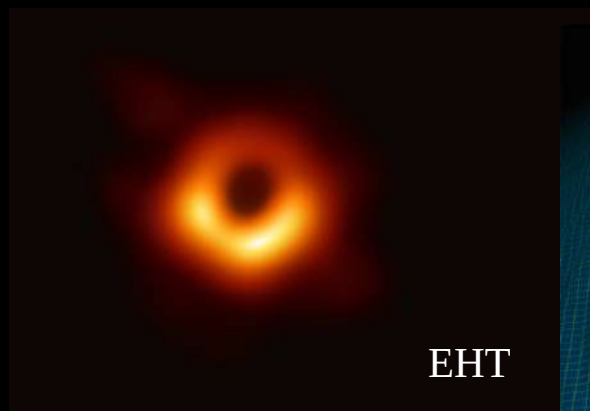
Captura de gás ejetado de estrelas em sistemas binários



Engolindo estrelas inteiras

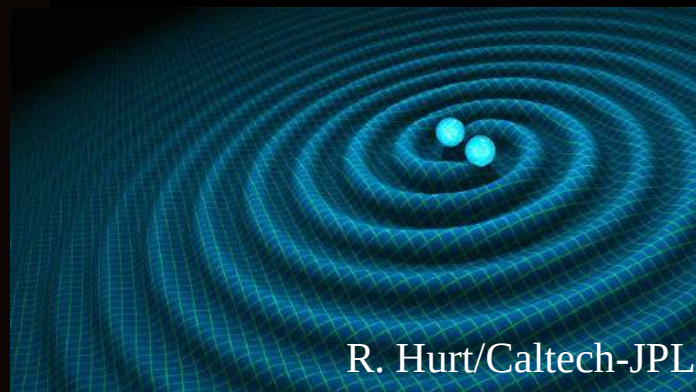


Gás proveniente da galáxia



EHT

Diretamente



R. Hurt/Caltech-JPL

Ondas Gravitacionais

Projeto Webservatório UFSM


LIVE
ESPECIAL

**TEMA: TELESCÓPIO ESPACIAL
JAMES WEBB**

OBSERVAÇÃO EM TEMPO REAL DE
SATURNO, JÚPITER E URANO

21/12 ÀS 20H



CATARINA AYDAR



MARINA BIANCHIN

<https://www.youtube.com/watch?v=caFomOwNt2c>

