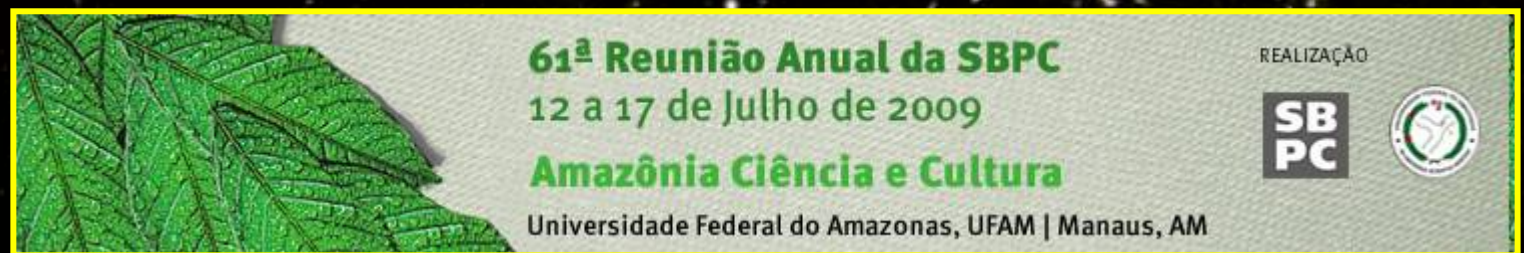
Os 400 anos do uso do telescópio

Marcio A.G. Maia

Observatório Nacional

DES-Brazil
Dark Energy Survey



O começo de tudo ...

Perspicillum
de Galileu

O que é um telescópio ?

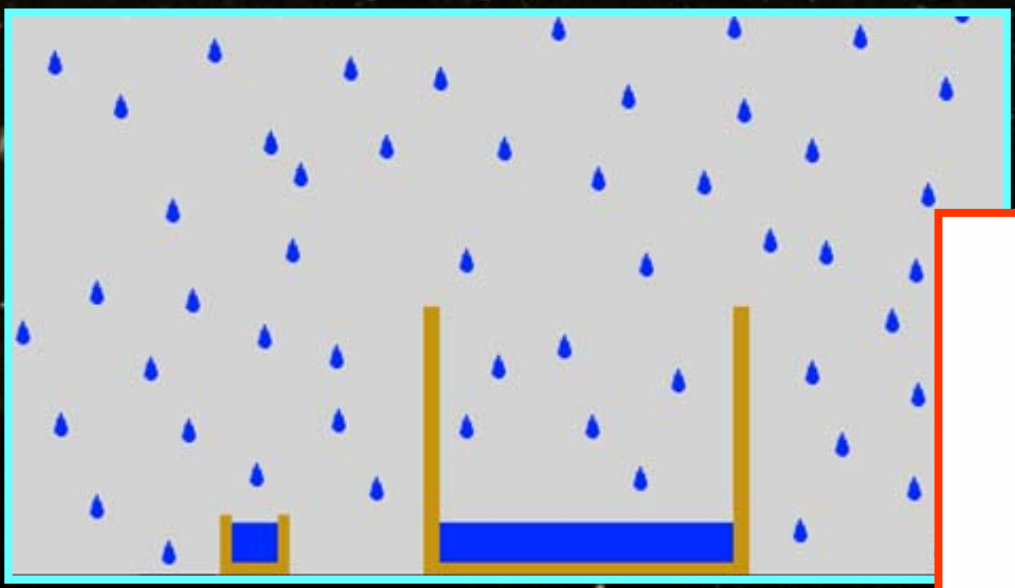
O neologismo latino *perspicillum* (formado pelo prefixo intensivo *per–* e do radical *–spic–*, variante de *–spec–*, "olhar, ver", mais o sufixo diminutivo *–illum*), significa "pequeno telescópio".

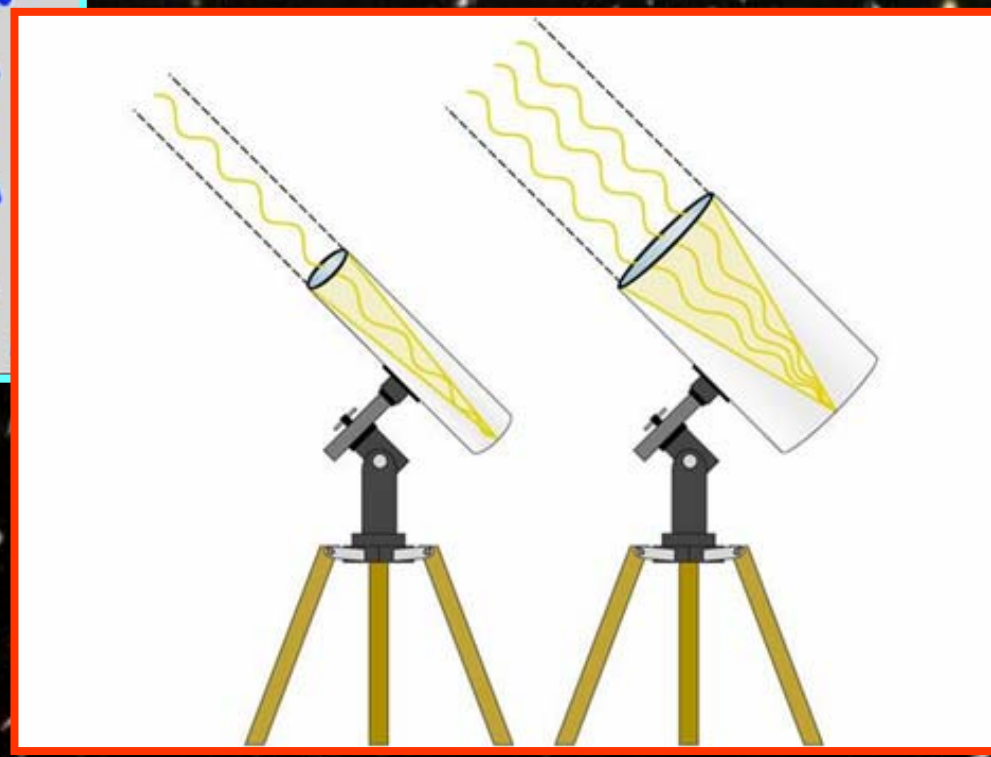
Foi substituído mais tarde pelo termo *telescopium*, neologismo científico que teve aceitação universal, formado dos elementos gregos *tele–* "à distância", e *–scop–* "olhar, ver".

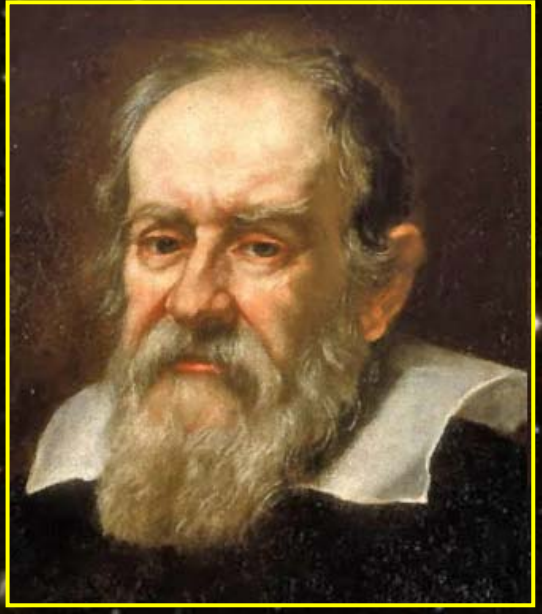
(Adriano da Gama Cury)

O que é um telescópio ?

É um "balde" para coletar chuva de fótons (luz).







Galileo Galilei (cerca de 1610)

Eppur si muove !

Utilizando uma luneta, por ele (re)inventada, confirma que a Via Láctea é formada por estrelas. Além disso, vê satélites de Júpiter o que reforça a teoria heliocêntrica.

SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.
VENETIIS,

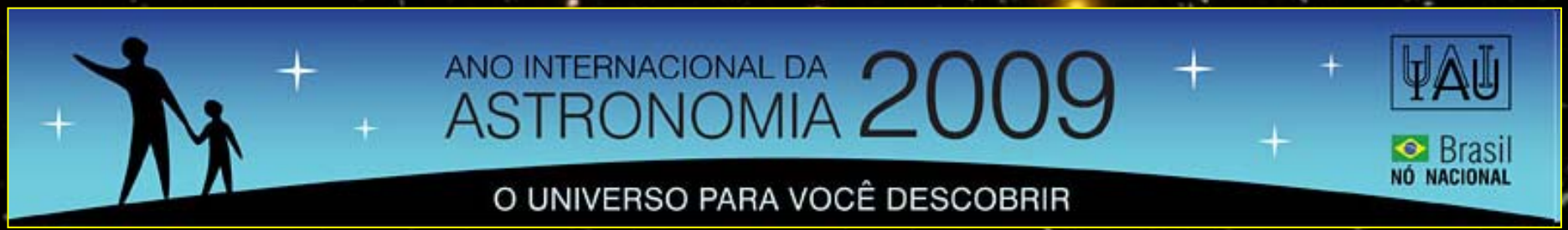
"A Via Lactea não é nada mais do que uma massa de inumeráveis estrelas plantadas juntas em aglomerações. Para qualquer parte que você dirija o telescópio, imediatamente uma vasta multidão de estrelas apresenta-se a vista."

Galileo (1610)

Polêmica !

X

Em 5 de agosto de 1609, Thomas Harriot, astrônomo e matemático inglês, realizou a primeira observação celeste com telescópio, que temos notícia. Harriot observou a Lua com um aumento de seis vezes.

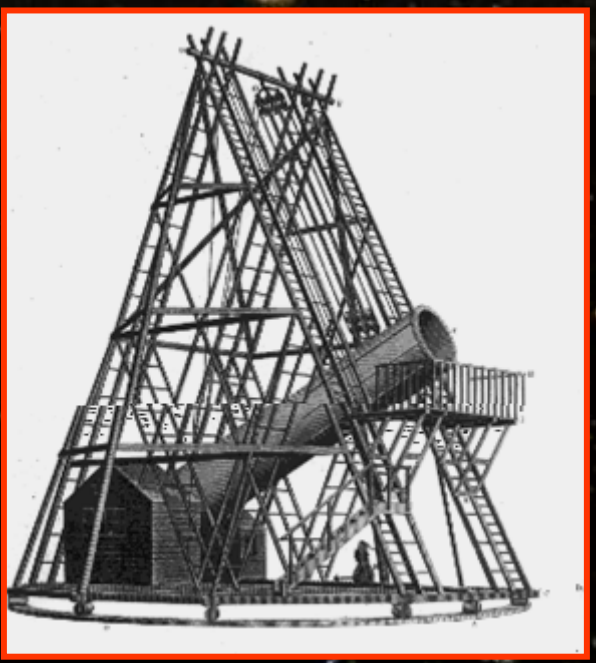


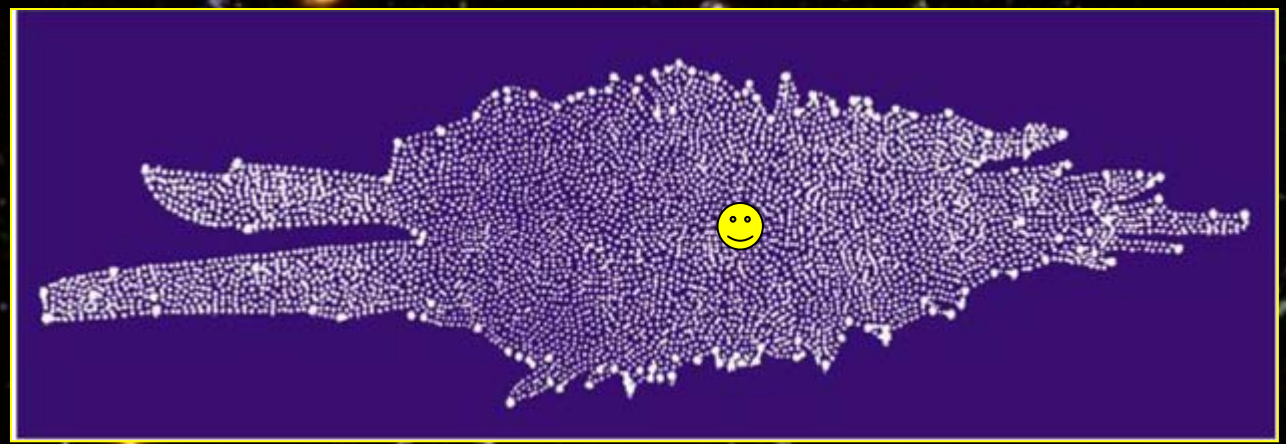
www.astronomia2009.org.br

Wilhelm Herschel (1785)

Descobertas com o telescópio construído por ele mesmo, fizeram com que o rei da Inglaterra financiasse a construção do maior telescópio da época, com 1.47m de abertura.

Em 1785 ele publicou On the Construction of the Heavens, no qual sugeriu que *"o sistema sideral que habitamos"* é uma nebulosa comum em aparência a muitas outras, as quais por sua vez, devem ser externas à nossa.





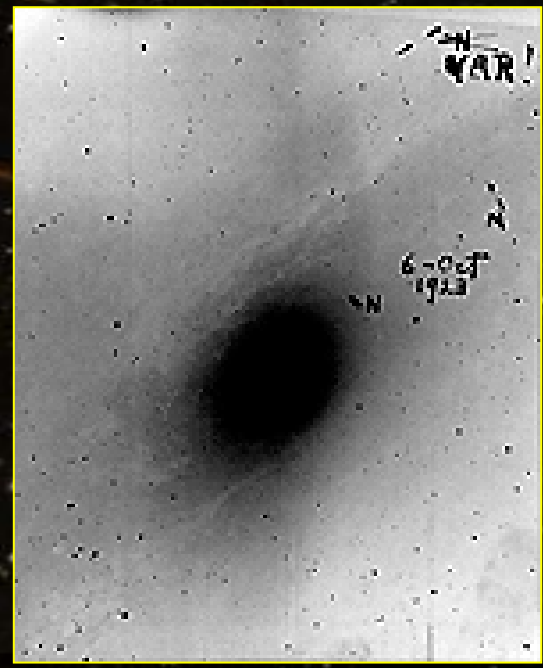
Descrição de Herschel para a Via Láctea

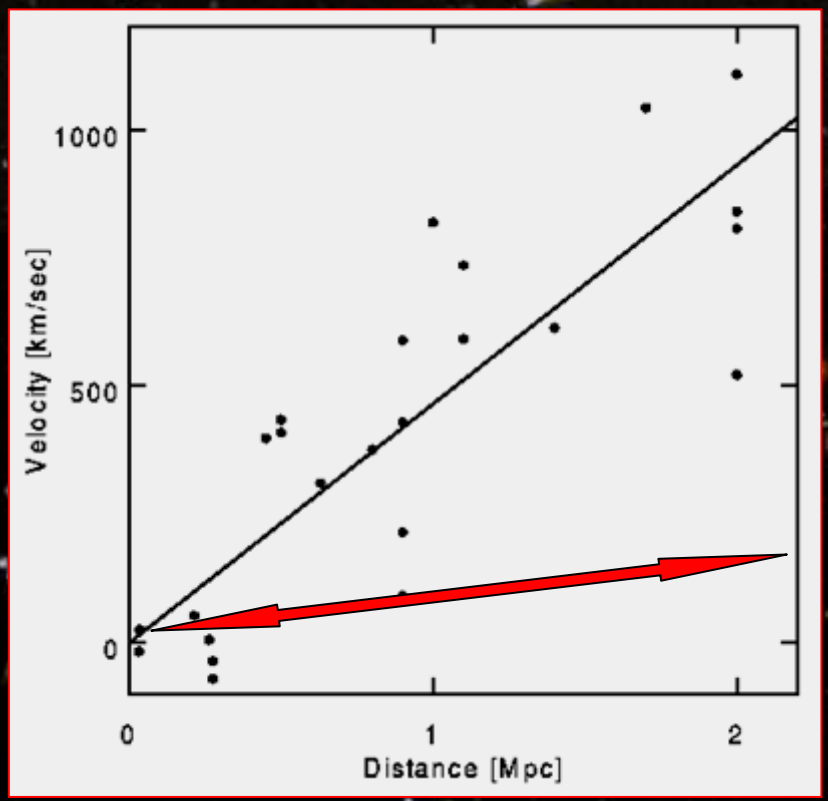
William Parsons (Lorde Rosse) 1845

Constrói um telescópio de 1.80m de diâmetro e descobre que algumas nebulosas possuíam formato espiralado.

Edwin Hubble (1923-1929)

Determina a distância de uma "nebulosa" na constelação de Andrômeda, usando, para isso, uma estrela cefeida (1923). Demonstrou que algumas delas são de natureza extragaláctica.



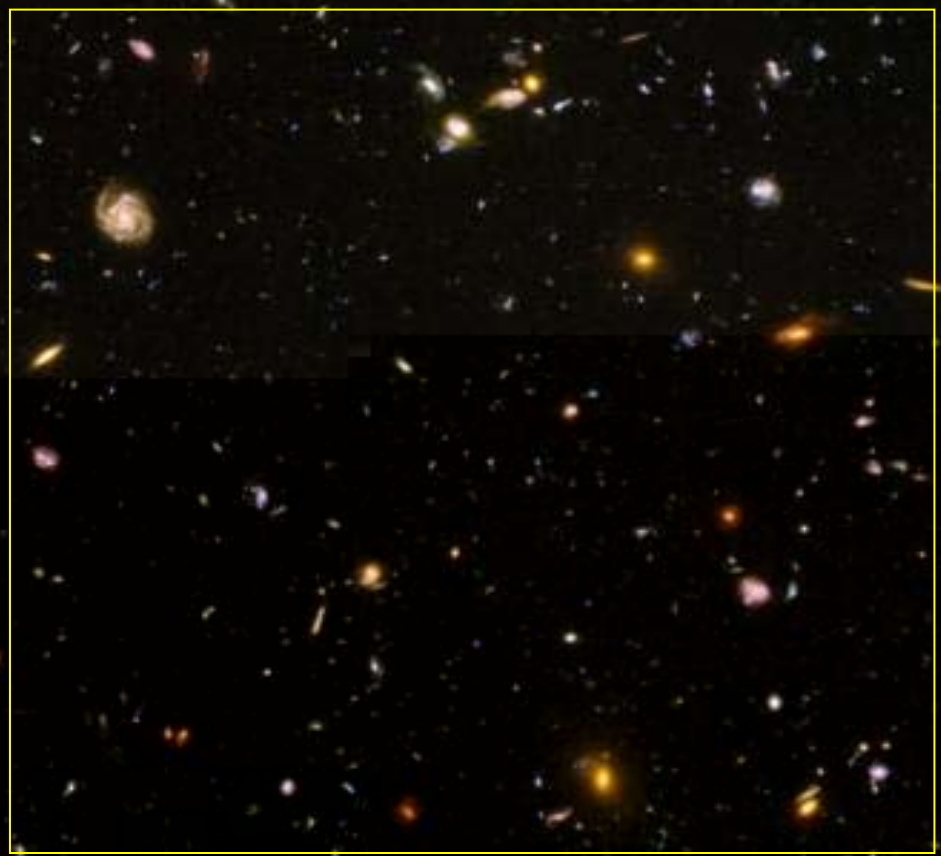


Observando mais galáxias, e adicionando os dados de Slipher, Hubble concluiu que: *as galáxias se afastam mais rapidamente quanto mais longe estão* (1929).

H_0 ~ 70 km/s/Mpc

Clyde Tombaugh (1930)

Descobre Plutão, recentemente reclassificado como "**planeta anão**".



Comparação Terra-Lua
e Plutão-Caronte

Algumas das descobertas feitas com o auxílio de telescópios

Sistema Solar (órbitas, novos planetas)

Caracterização da Via Láctea (gás, poeira, estrelas)

Expansão do universo (galáxias em recessão)

A matéria escura

Universo em expansão acelerada (energia escura)

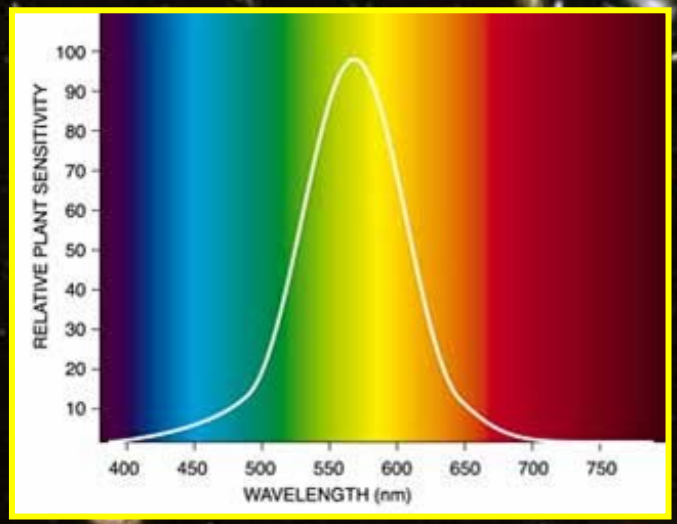
Planetas extra-solares

Estrelamotos

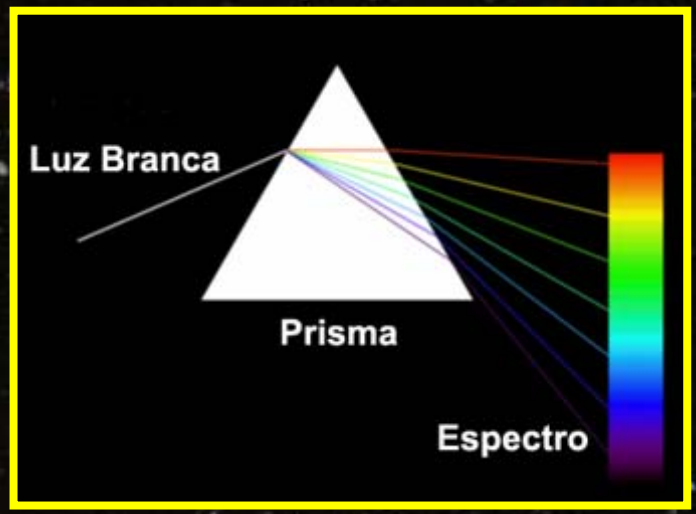
Explosões estelares

E muito mais ...

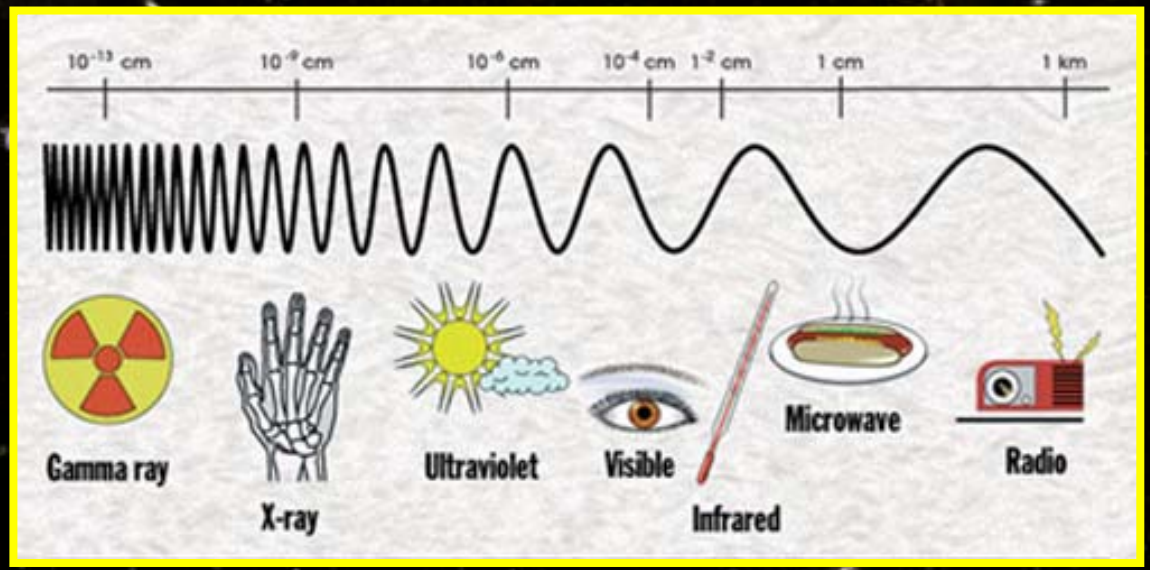
O espectro eletromagnético



Curva de resposta do olho humano



Decomposição da luz branca em cores



Resolução de um telescópio

Resolução ≈ 1,22 λ / D

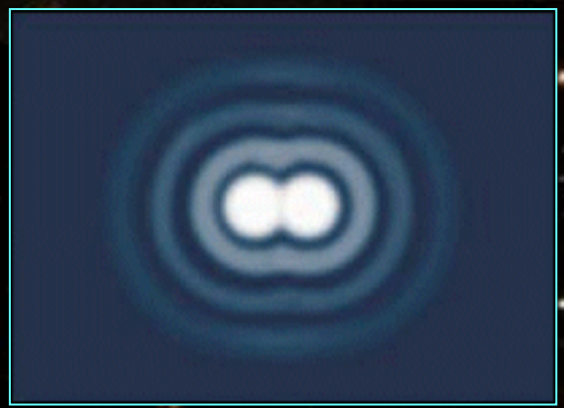
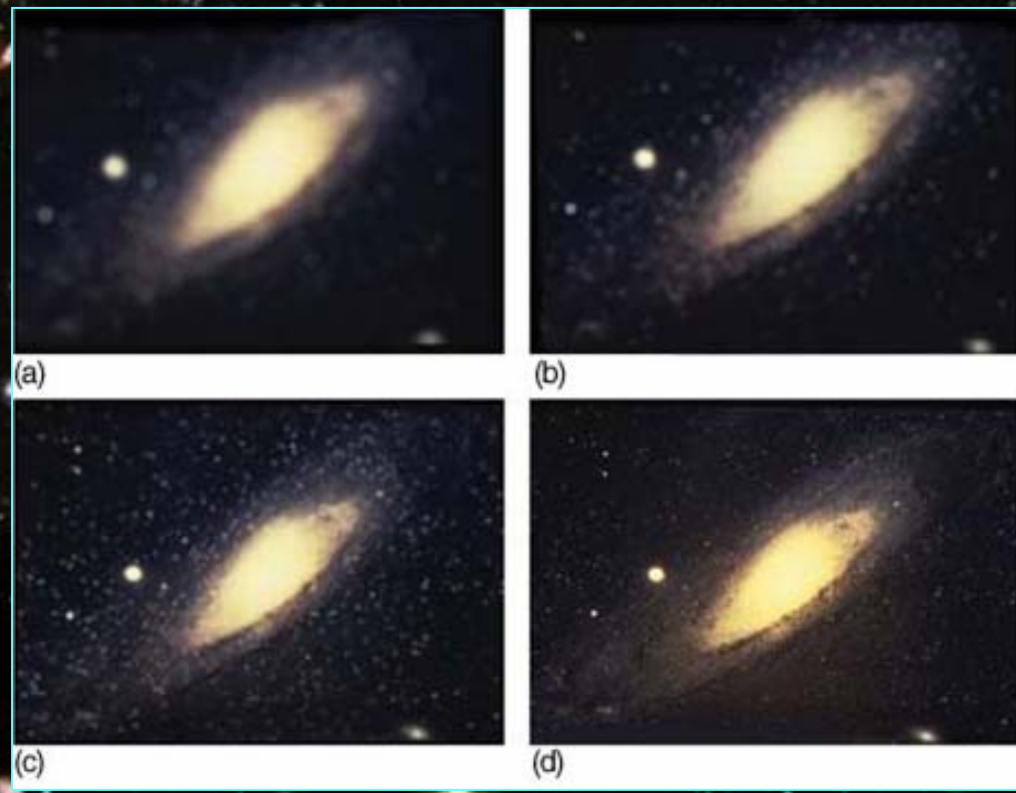
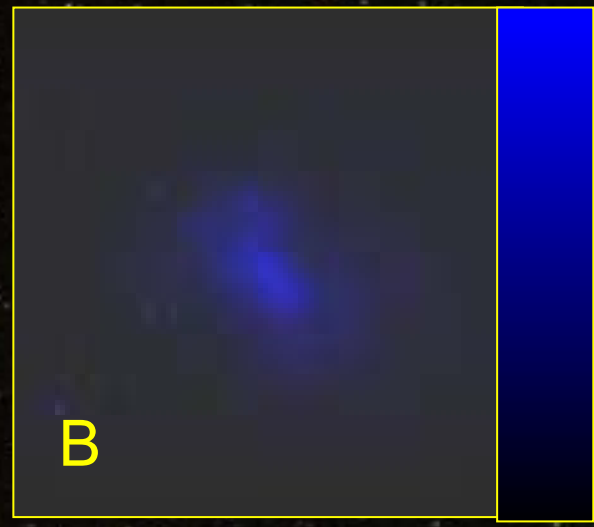


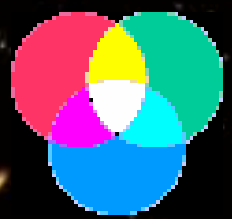
Figura de difração de duas fontes pontuais colocadas muito próximas.



Imagens de Andrômeda com diferentes resoluções.

Uso de cores falsas em imagens astronômicas





Mas nem só de luz vive o astrônomo ...

Ondas gravitacionais

Neutrinos

Partículas

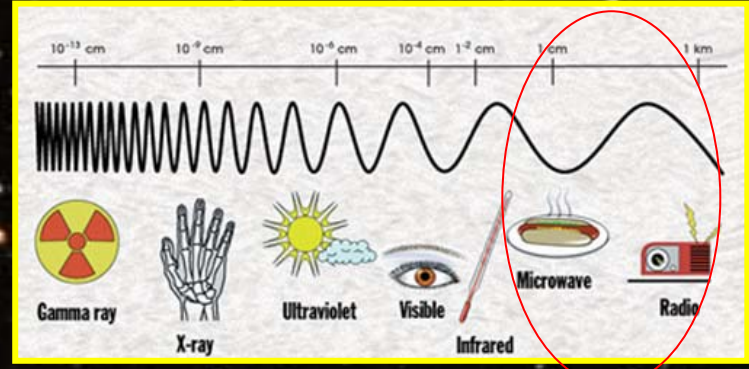
E nem só indo à montanha ...

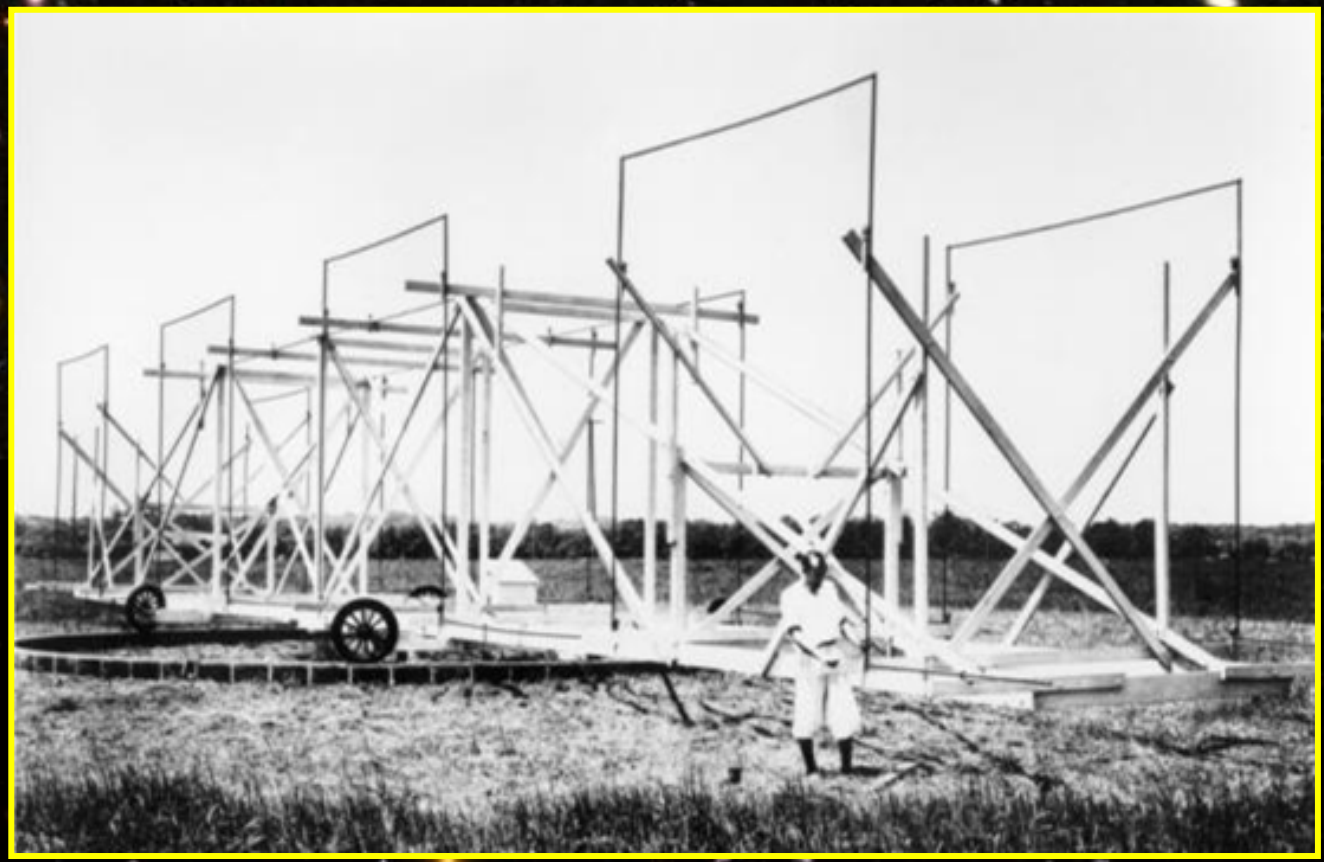
Telescópios no espaço

Telescópios em solo

Detectores subterrâneos

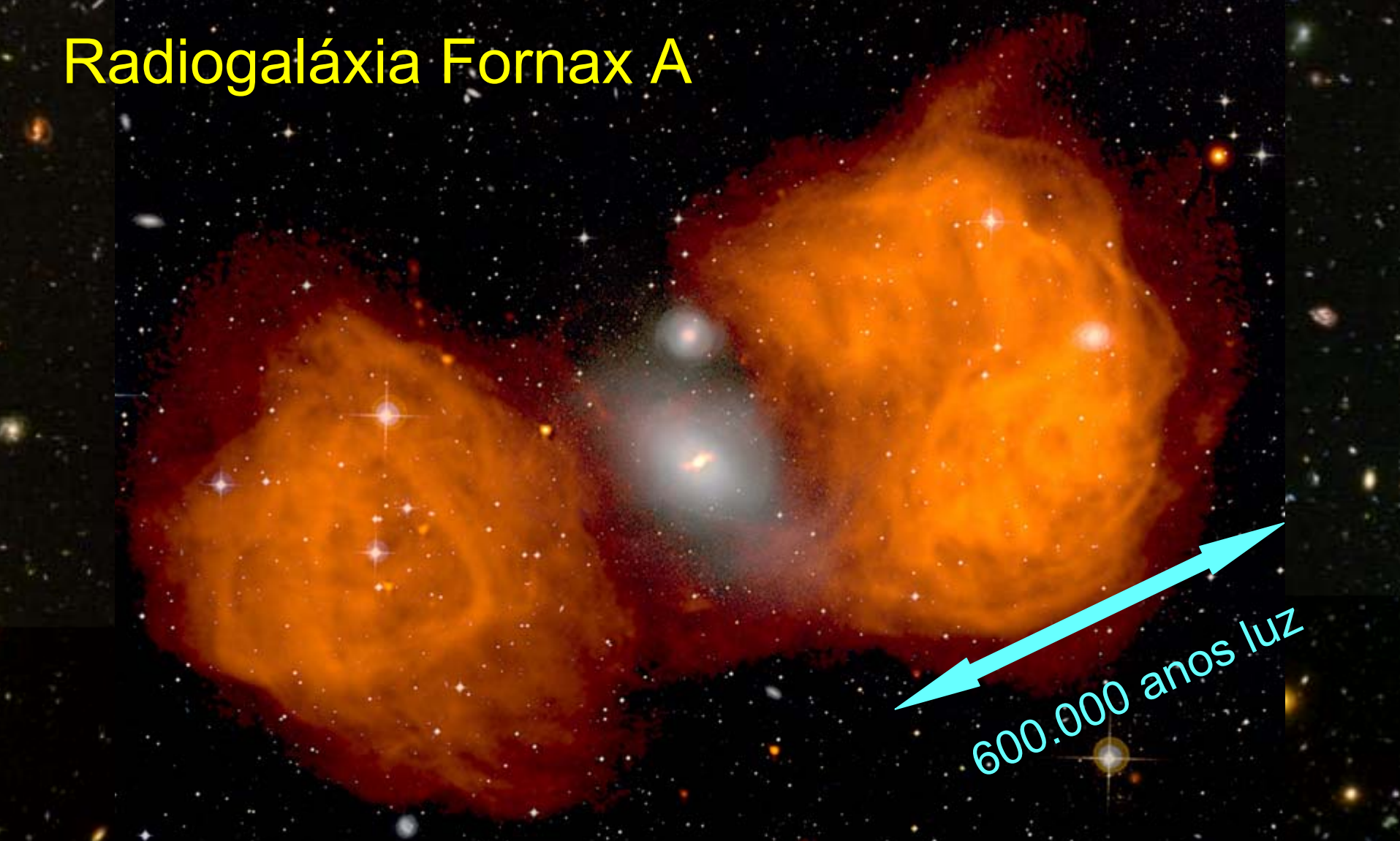
Radioastronomia





Primeiro radiotelescópio - Karl Jansky

Radiogaláxia Fornax A



A parte laranja representa a emissão em rádio produzida pelo encontro do jato do AGN com gás situado na região externa da galáxia.

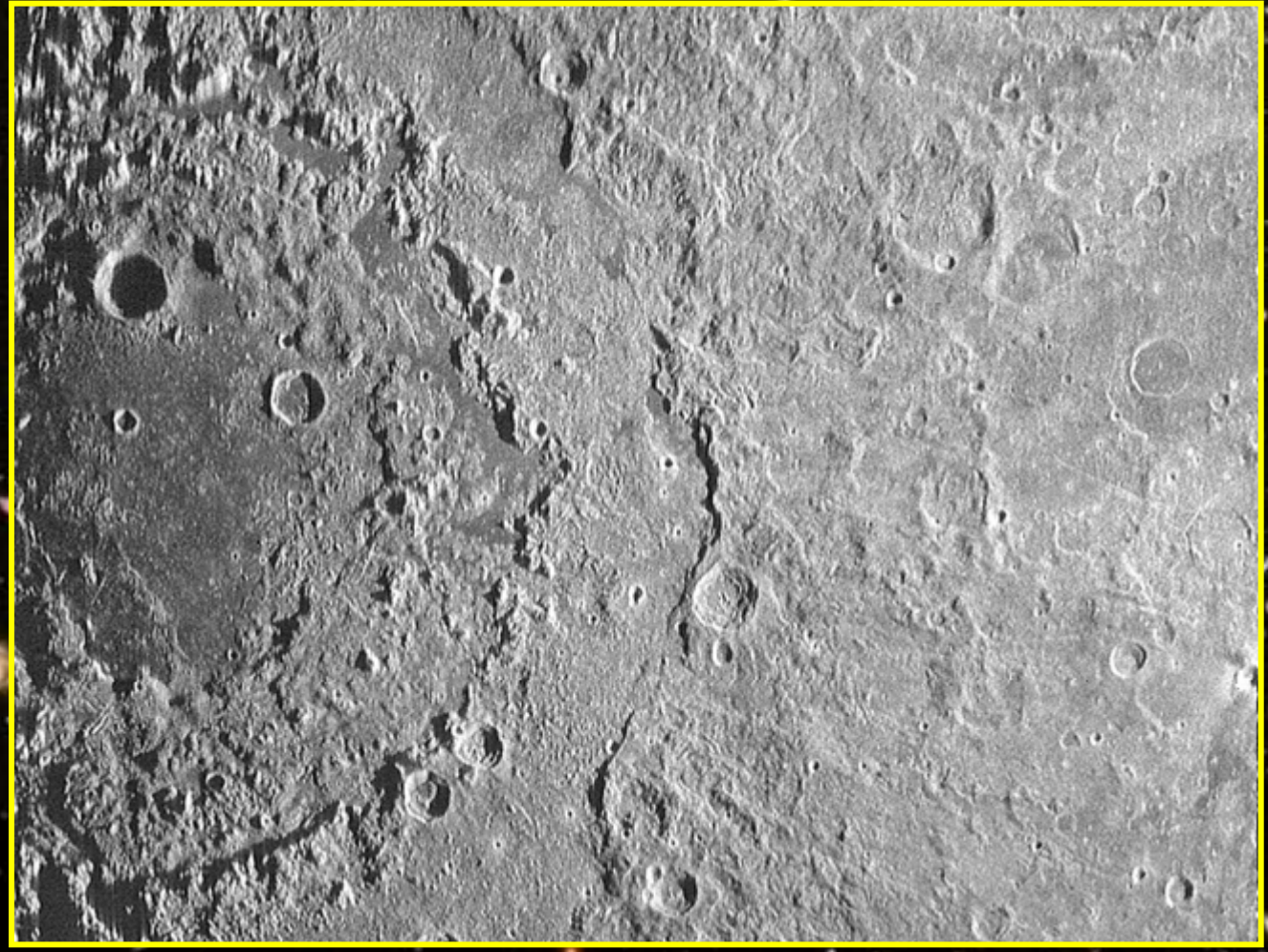
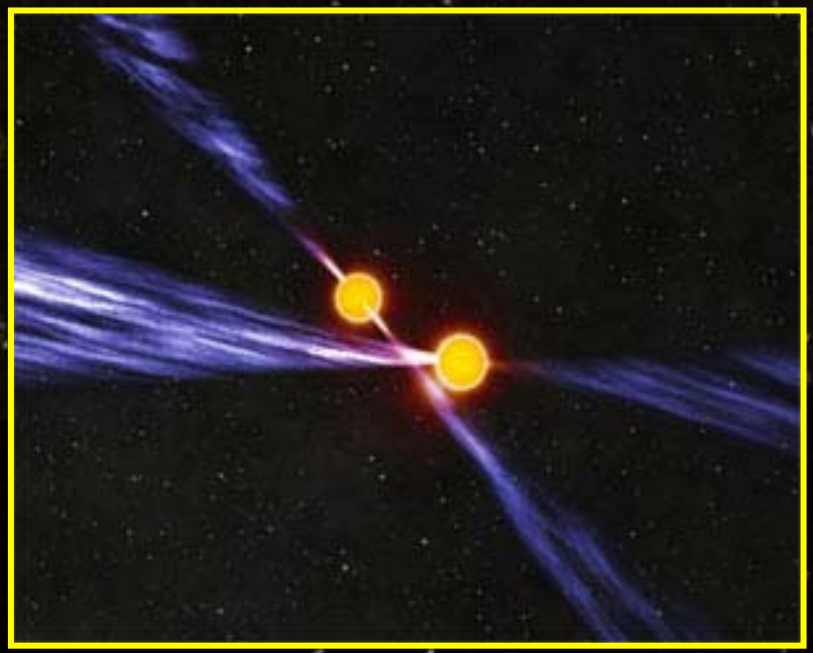


Imagem da Lua feita com RADAR usando telescópios de Arecibo (emissão) e de Green Bank (recepção).

As partes mais claras indicam rochas na superfície e as escuras fluxos de lava.

Pulsares

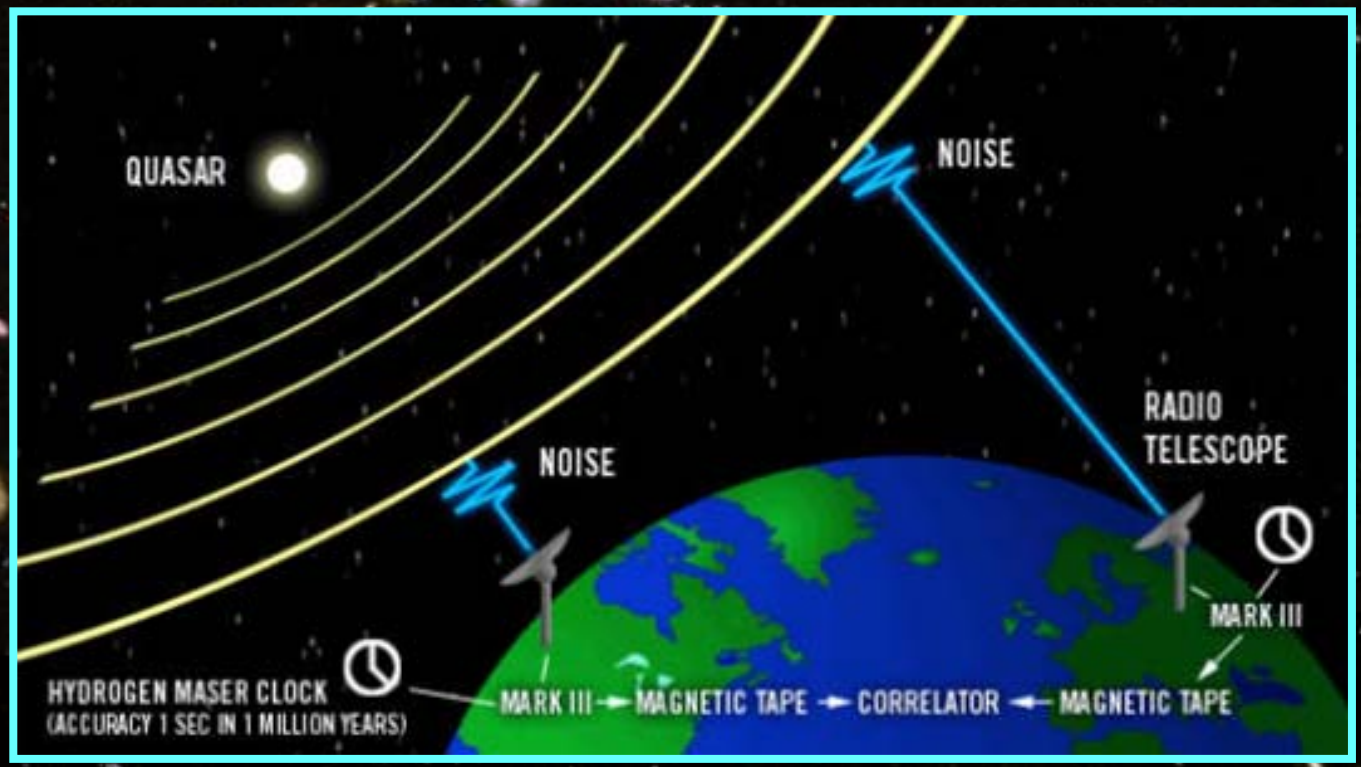
Em 2003 radioastrônomos detectaram o primeiro pulsar binário com o telescópio de Parkes (Austrália).



A imagem é uma concepção de como seria este sistema.

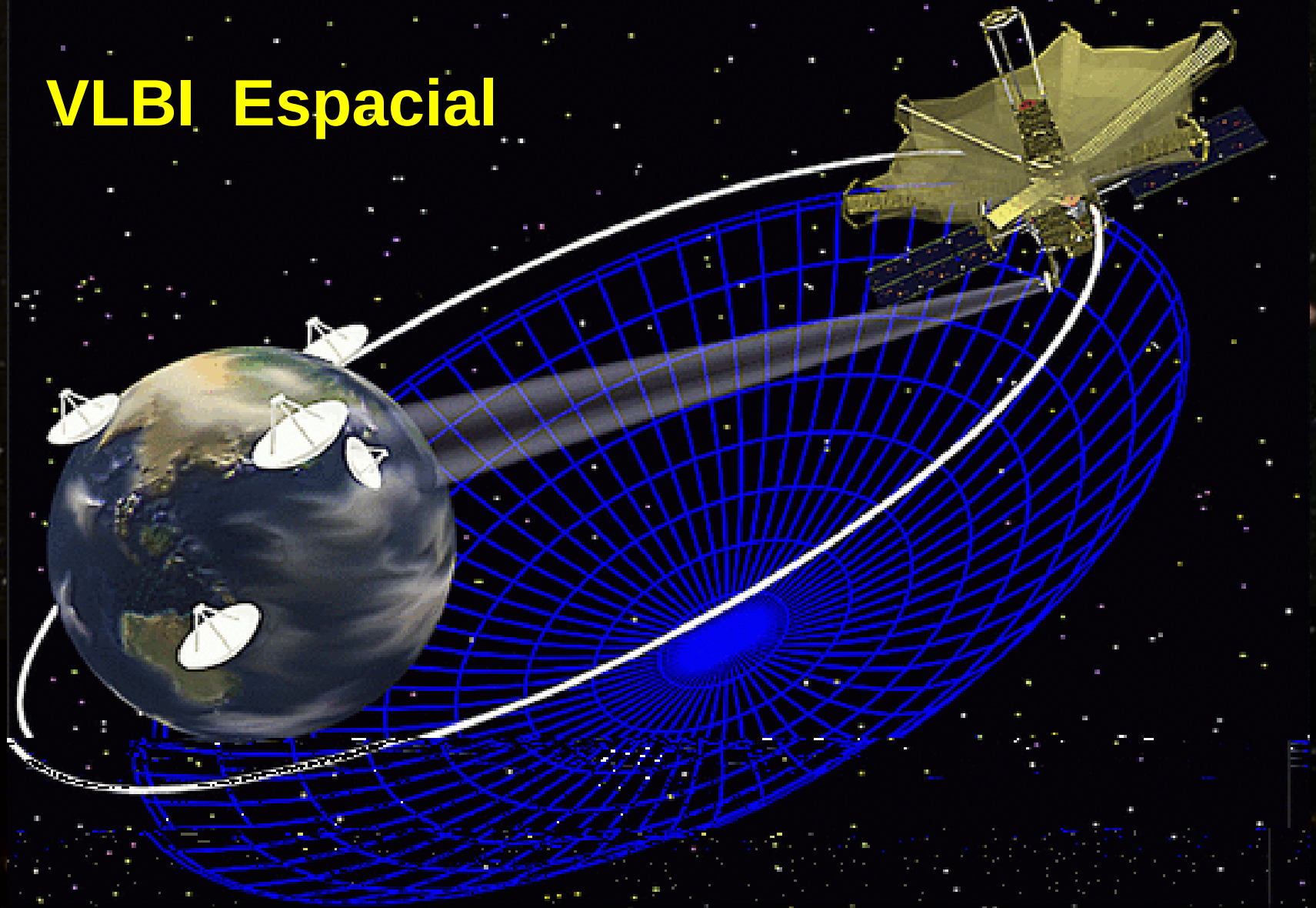
Radiotelescópio de 64m de Parkes

Interferometria de grande linha de base - VLBI



Com esta técnica são feitas observações simultâneas de um mesmo astro, por antenas separadas por uma distância muito grande. Elas podem estar localizadas até em continentes diferentes.

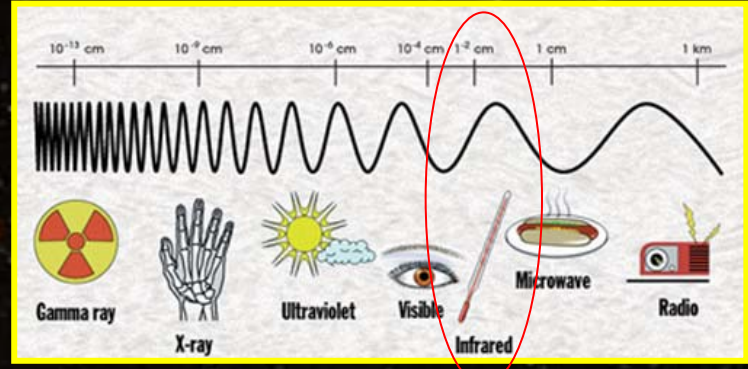
VLBI Espacial



Um radiotelescópio "maior" que a Terra

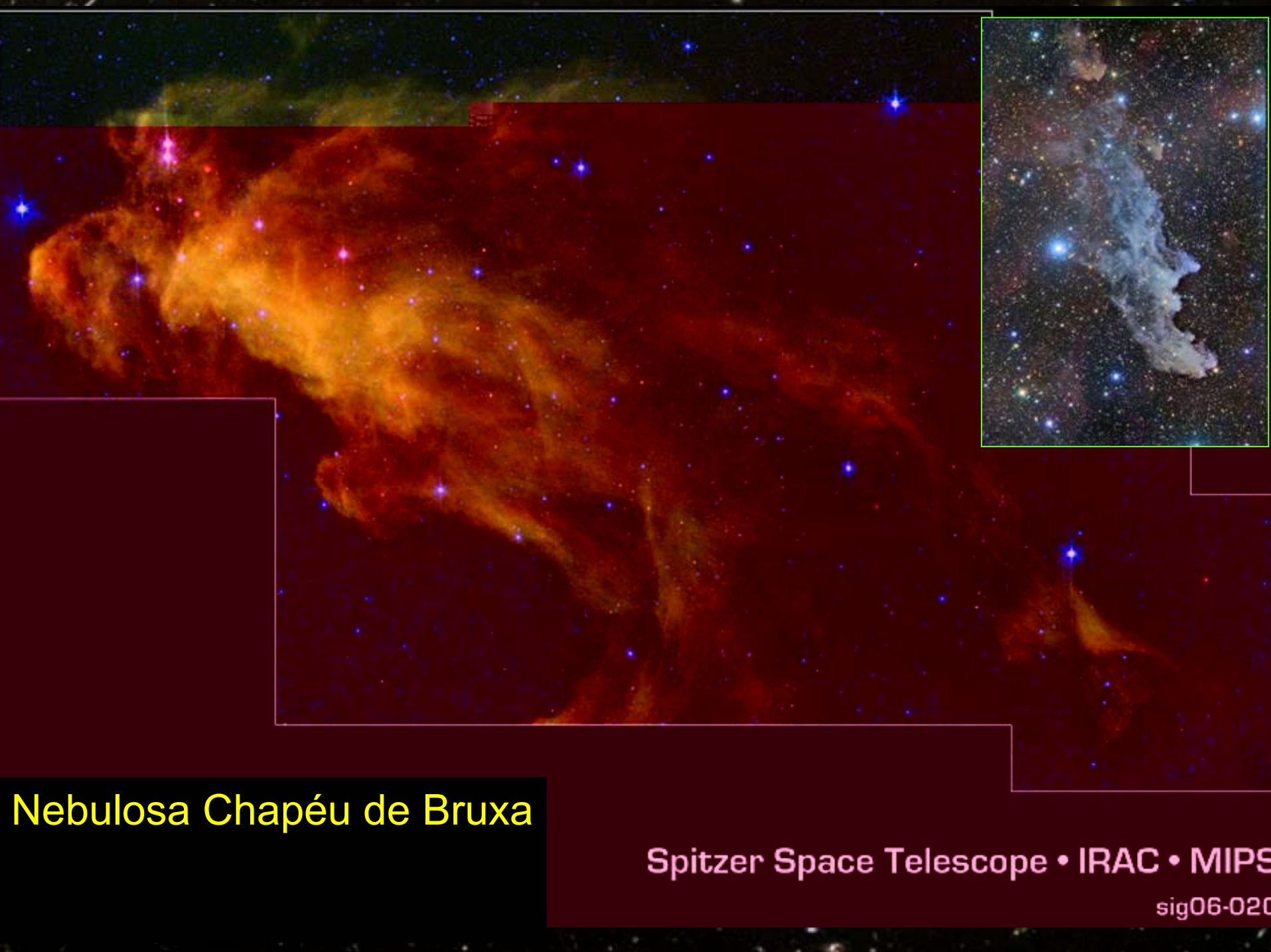
A parte em azul representa o tamanho que teria um radiotelescópio de prato simples equivalente ao conjunto dos mostrados no desenho.

Infravermelho

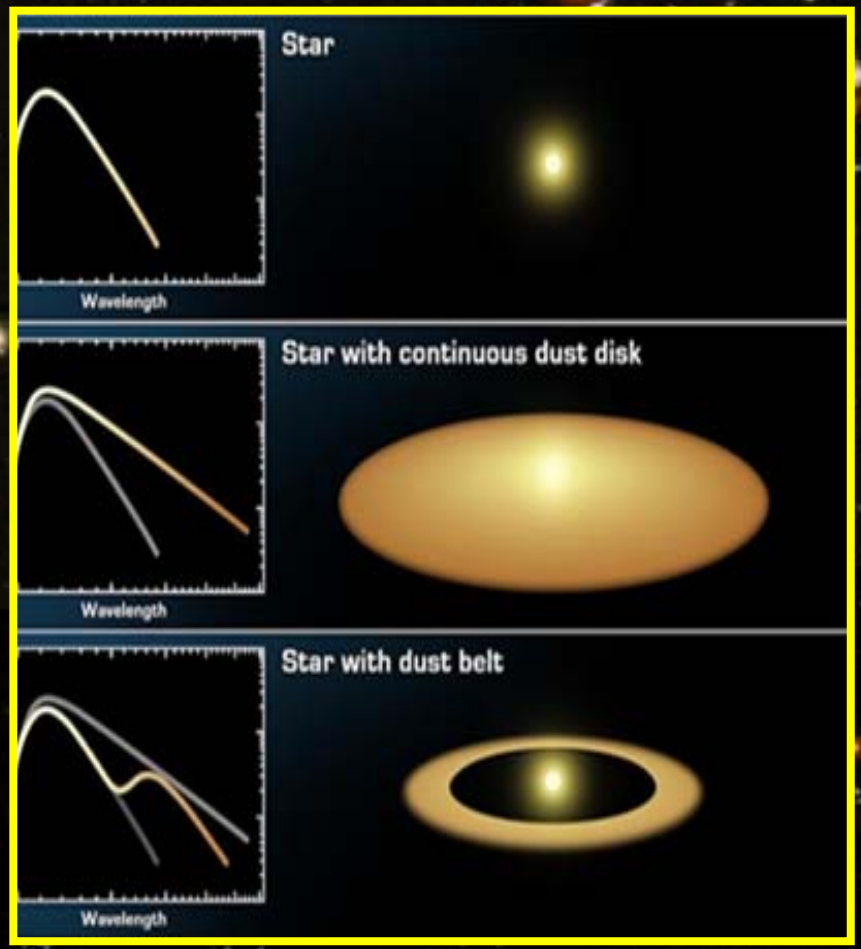


Satélite Spitzer

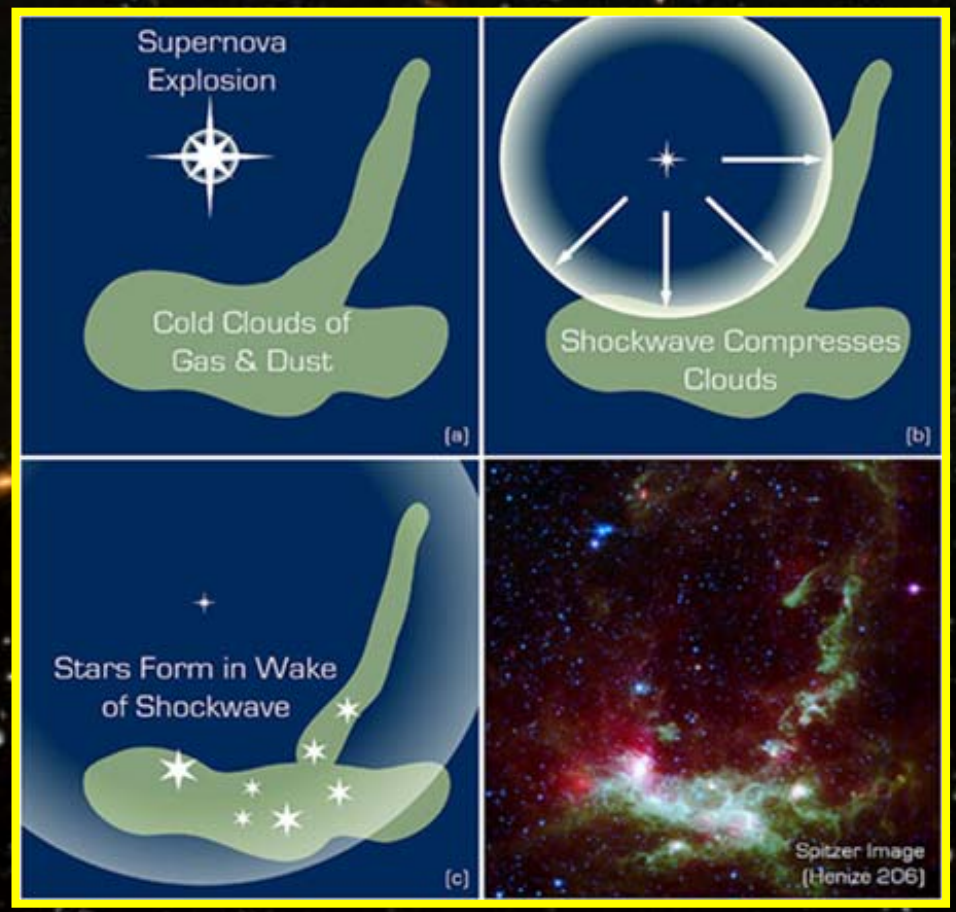
Nebulosa de Orion
imageada no infravermelho


Nebulosa Chapéu de Bruxa
Spitzer Space Telescope • IRAC • MIPS
sig06-020

Algumas questões a serem respondidas com ajuda de observações no IV

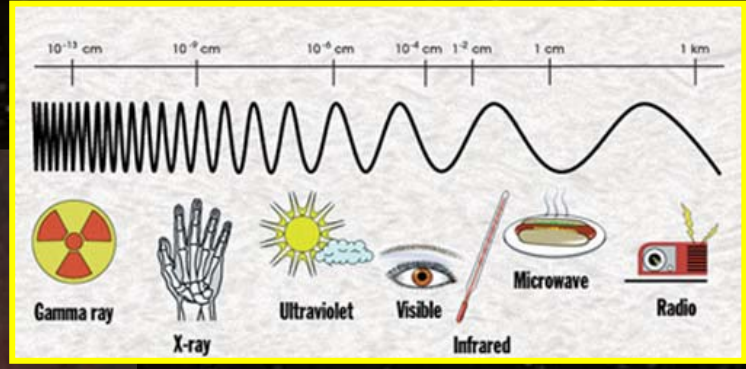


Discos em estrelas



Formação de estrelas induzida por onda de choque de supernovas

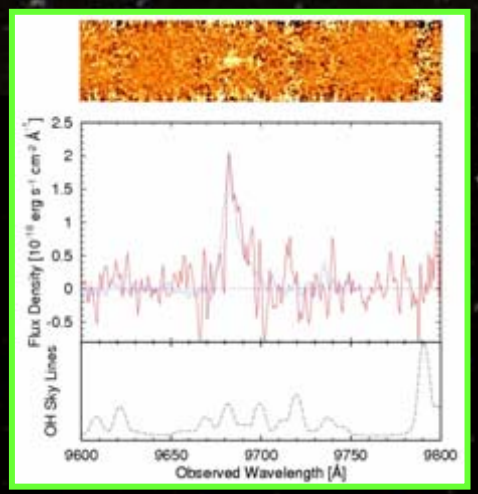
Visível



Nebulosa de Orion
no visível

Informações importantes nem sempre resultam de belas imagens

Imagem do telescópio SUBARU, mostrando a galáxia mais distante confirmada espectroscopicamente até o momento. Ela possui z=6.964 e está a distância de 12.88 bilhões de anos luz.



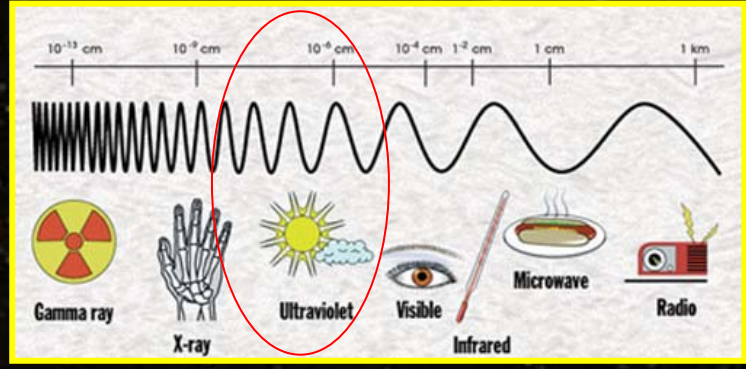
Detecção de Lyman alfa (1216 Å)

Very Large Telescope – Cerro Paranal - Chile

Driblando a turbulência atmosférica ...

Uso de raio laser para simular a imagem de uma estrela que servirá para corrigir distorções do caminho óptico.

Ultravioleta



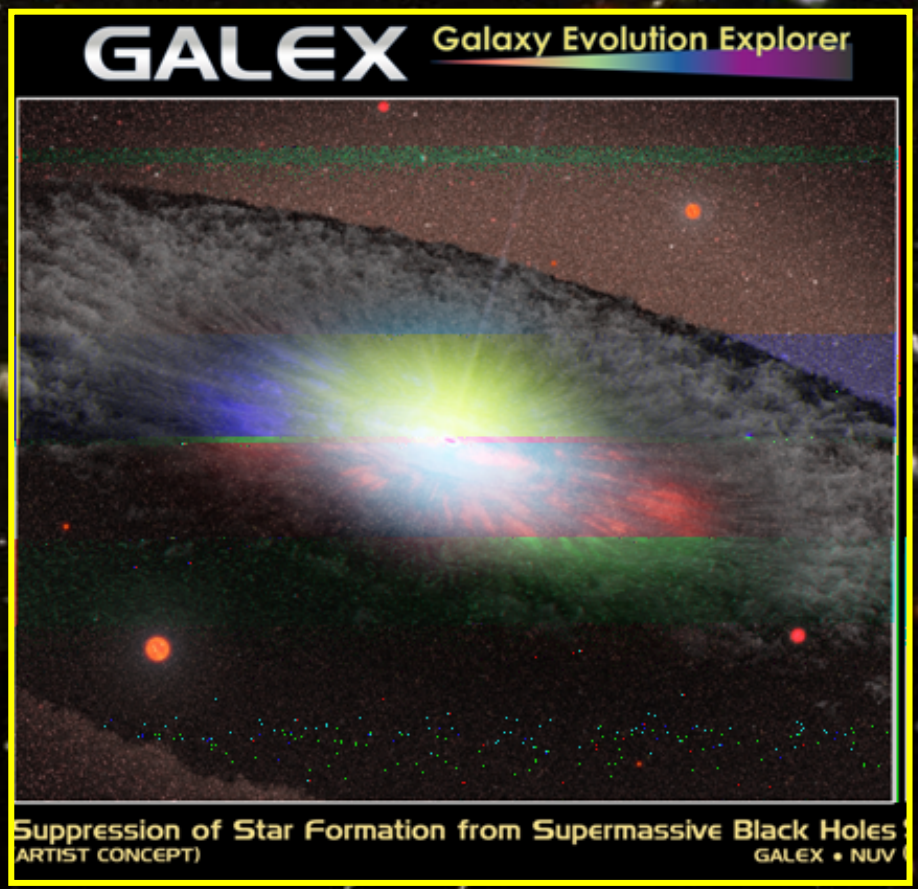
Satélite GALEX
(observações no UV)

M101 em 3 cores

Azul – UV observado com satélite GALEX.
Verde e **Laranja** – Visível observado pelo DSS.

O **UV** está concentrado nos braços espirais devido a presença de estrelas jovens (10 milhões de anos). O **Verde** mostra luz de estrelas com mais de 100 milhões de anos. O **Alaranjado** mostra estrelas velhas, com mais de 1 bilhão de anos.

Exemplo de ciência feita com uso do UV



Descobriu-se que buracos negros supermassivos suprimem a formação estelar

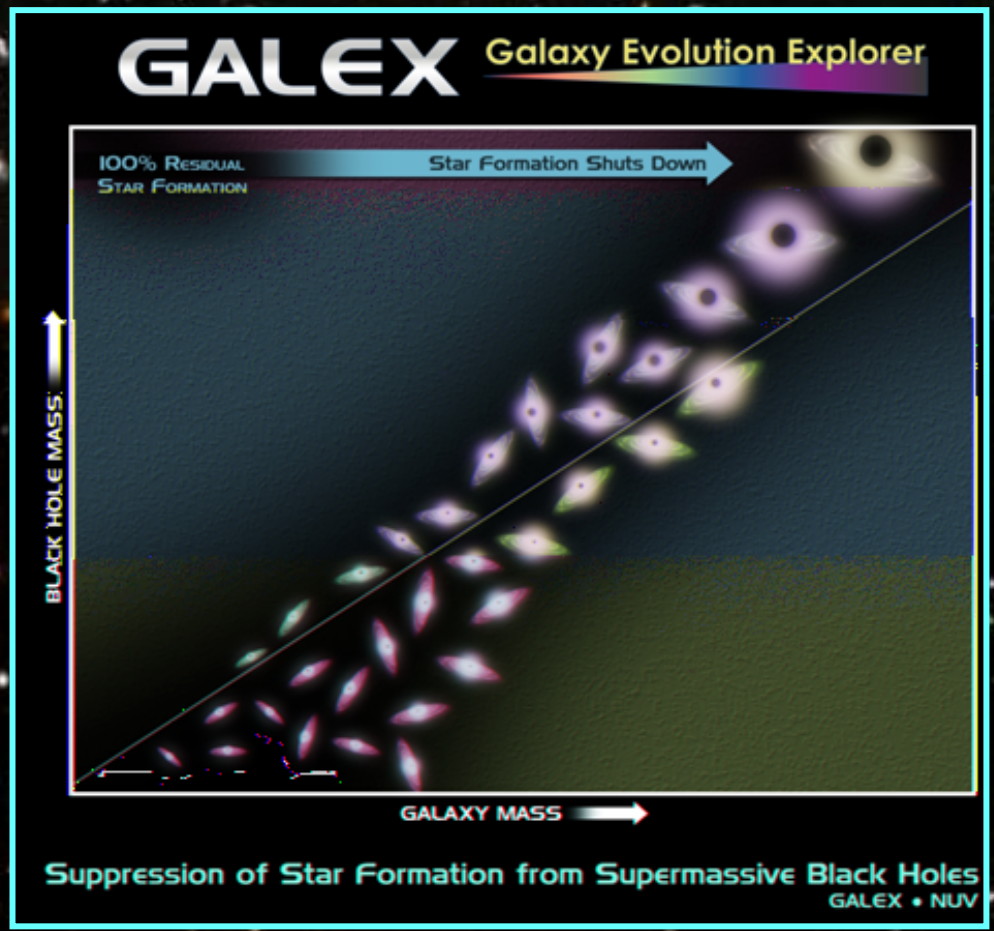
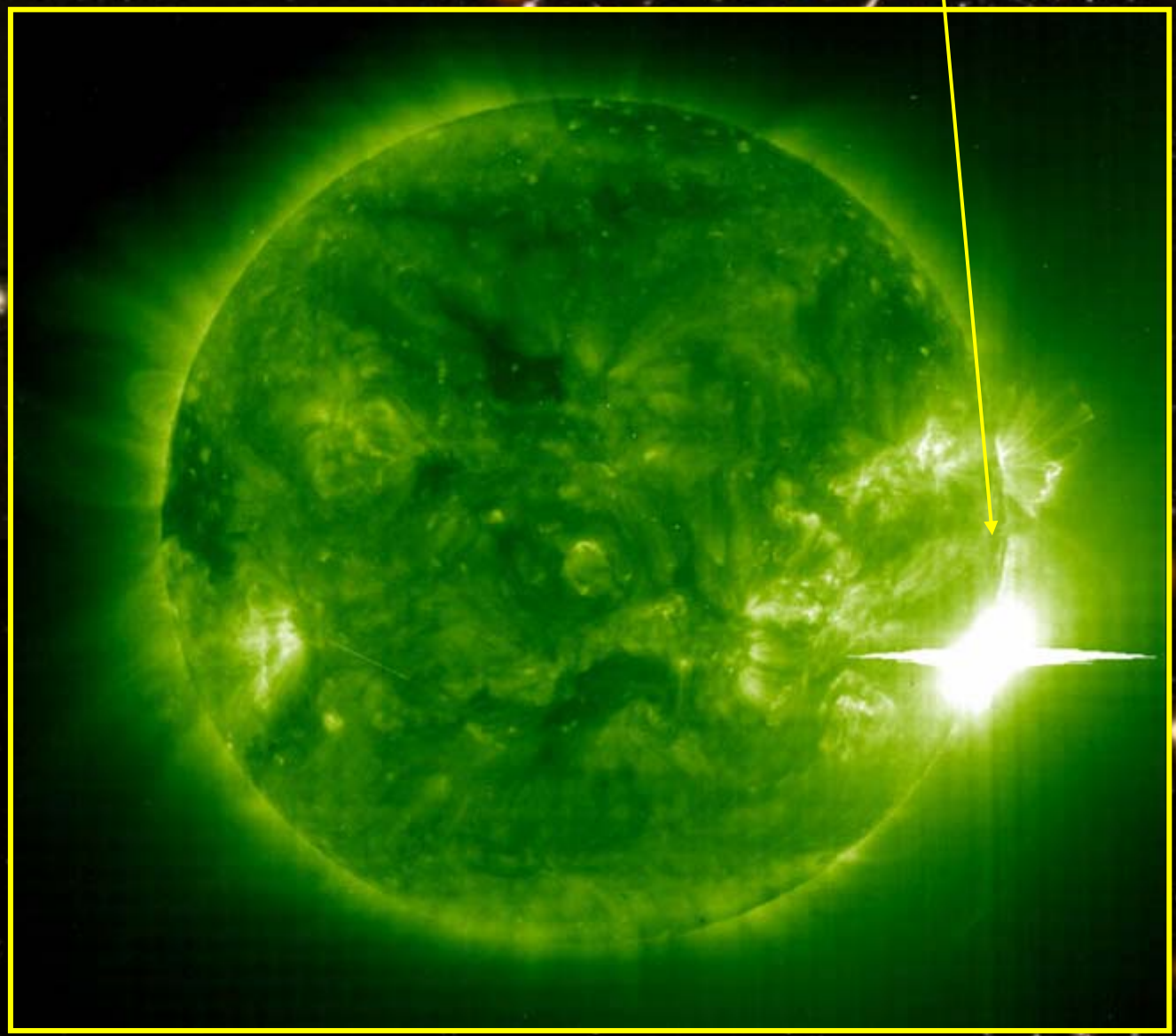
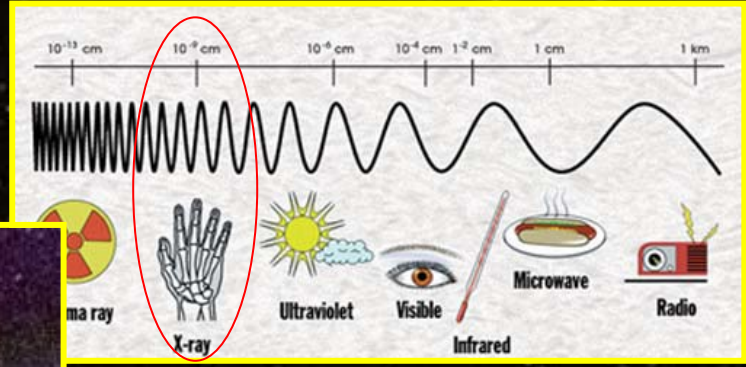


Imagem no UV pelo satélite SOHO de uma fulguração solar



Esta foi uma das maiores fulgurações já observadas. Ocorreu em novembro de 2003.

Raio-X



Satélite CHANDRA (observações em raio-X)

Galáxia Centaurus A

Centaurus A no visível

Combinação de imagens no **UV distante**, **UV próximo**, e **Raio-x**.

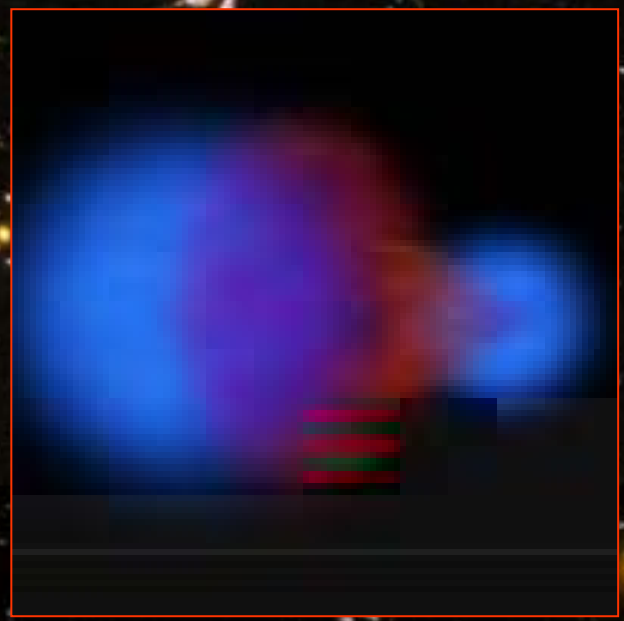
GRO J1655-40: Buraco Negro + estrela companheira

Concepção artística de um sistema binário onde um dos objetos é um buraco negro. O espectro em raio-x ajuda a entender o processo de captura de matéria pelo buraco negro efetuado por meio do disco de acresção que contem gás a milhares de graus. Cerca de 30% deste gás é expelido para fora do sistema.

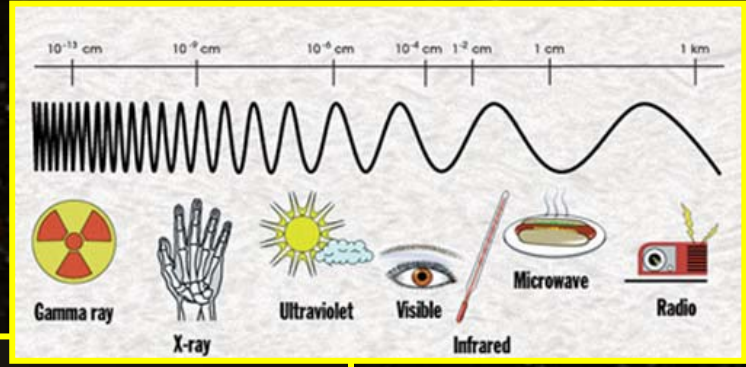
Aglomerado de galáxias 1E 0657-56 (Bullet)

Colisão entre dois aglomerados de galáxias. O gás emissor em raio-x é mostrado em vermelho e a matéria escura em azul. Esta imagem é considerada uma prova da existência da matéria escura.

Animação sobre a colisão de dois aglomerados de galáxias



Raios Gama

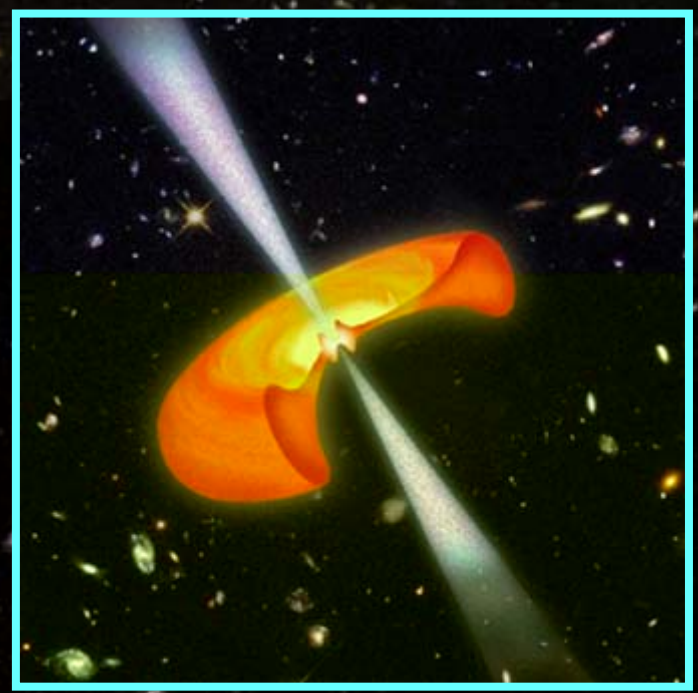


Satélite INTEGRAL para observação de raios gama

Eventos de raios gama são extremamente energéticos.

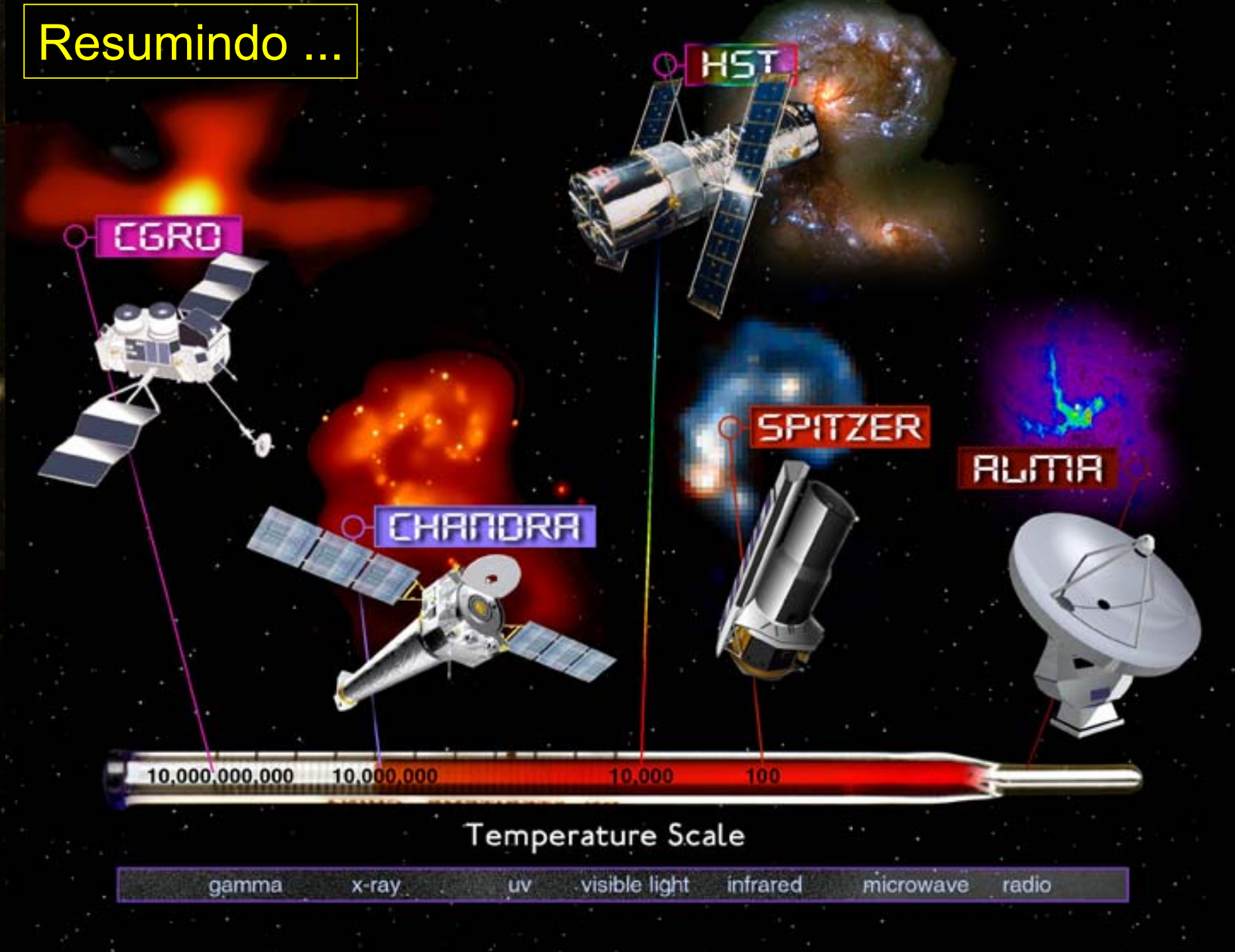
Isto requer fenômenos astrofísicos catastróficos para possibilitar a geração das grandes quantidades de energia observadas.

Alguns dos fenômenos que geram raios gama são fusões de estrelas de nêutrons e as hipernovas.



Gamma Ray Burst (surto de raios gama) de uma Hipernova

Resumindo ...


HST
CGRO
SPITZER
ALMA
CHANDRA
10,000,000,000
10,000,000
10,000
100
Temperature Scale
gamma
x-ray
uv
visible light
infrared
microwave
radio

Raios Cósmicos

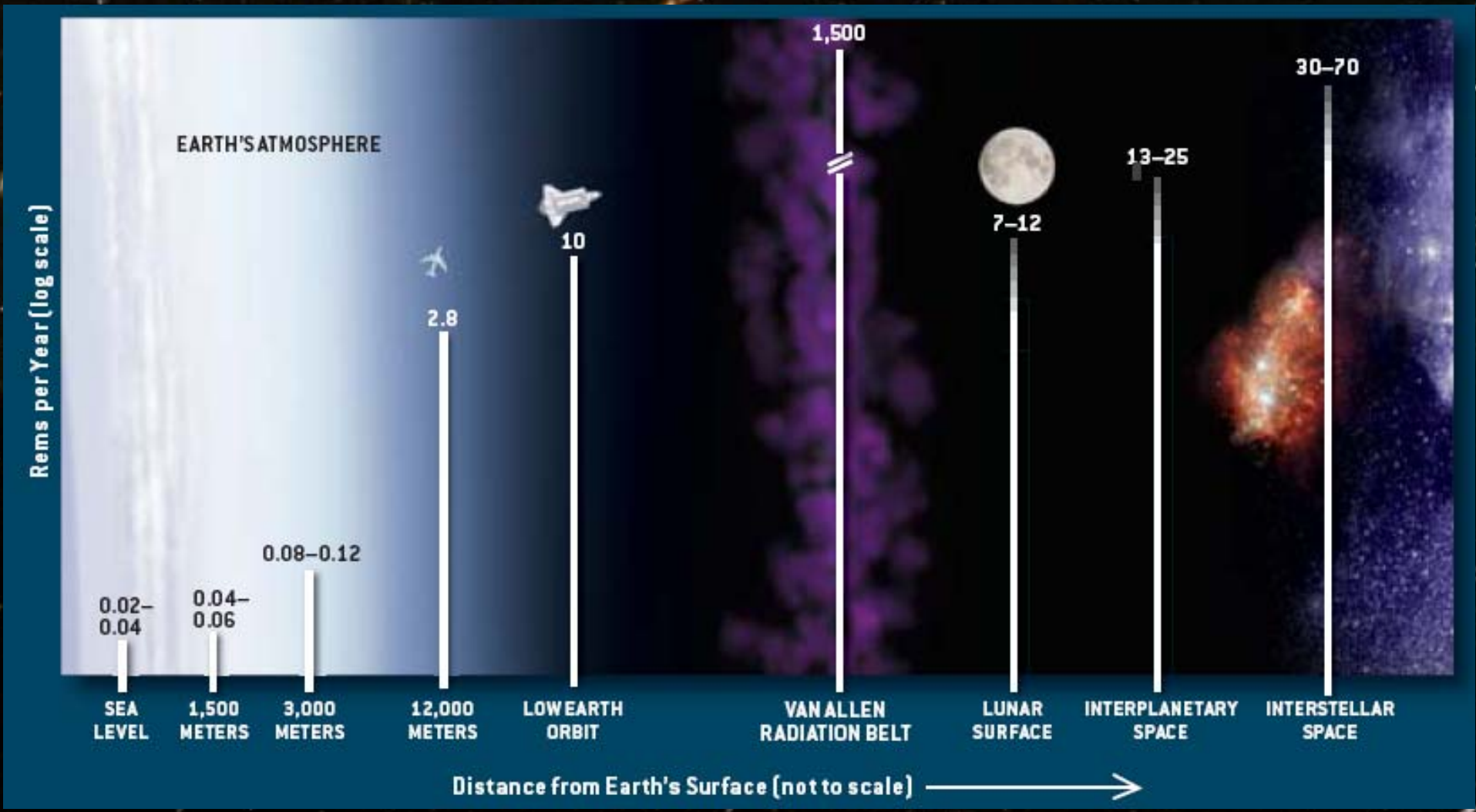
São partículas como elétrons, prótons (~90%), núcleos de hélio (9%), e outros núcleos mais pesados que atingem a Terra provenientes do espaço, viajando com velocidades próximas a da luz.

Raios Cósmicos

LIMITE DE L'ATMOSPHÈRE

Raios cósmicos x Astronautas

Exposição aos raios cósmicos no espaço, pode produzir câncer, danos cerebrais e catarata.



Neutrinos

Neutrinos são partículas elementares, possuem massa quase nula e são eletricamente neutras. Não interagem através das forças eletromagnética e forte, mas sim através da gravitacional e da força fraca.

Devido a baixa seção de choque da força fraca, os neutrinos passam facilmente através da matéria.

Para barrar metade dos neutrinos produzidos no Sol, seria necessário uma barreira de chumbo de ~1 ano-luz (10^{16}m) de comprimento.

Neutrinos são produzidos em:

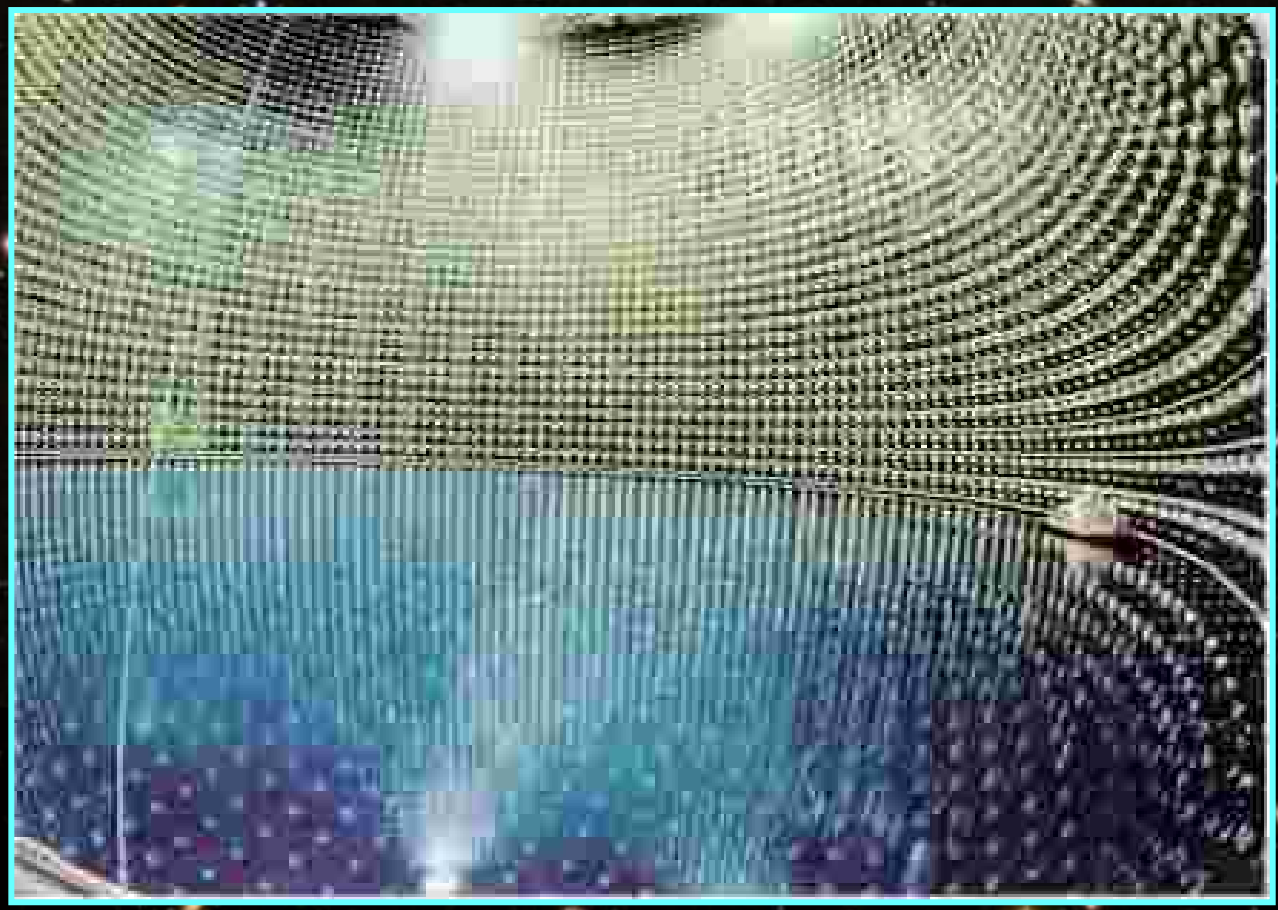
Reações nucleares nos centros das estrelas;

Explosões de supernovas;

Colisões de estrelas de nêutrons;

Decaimento radioativo.

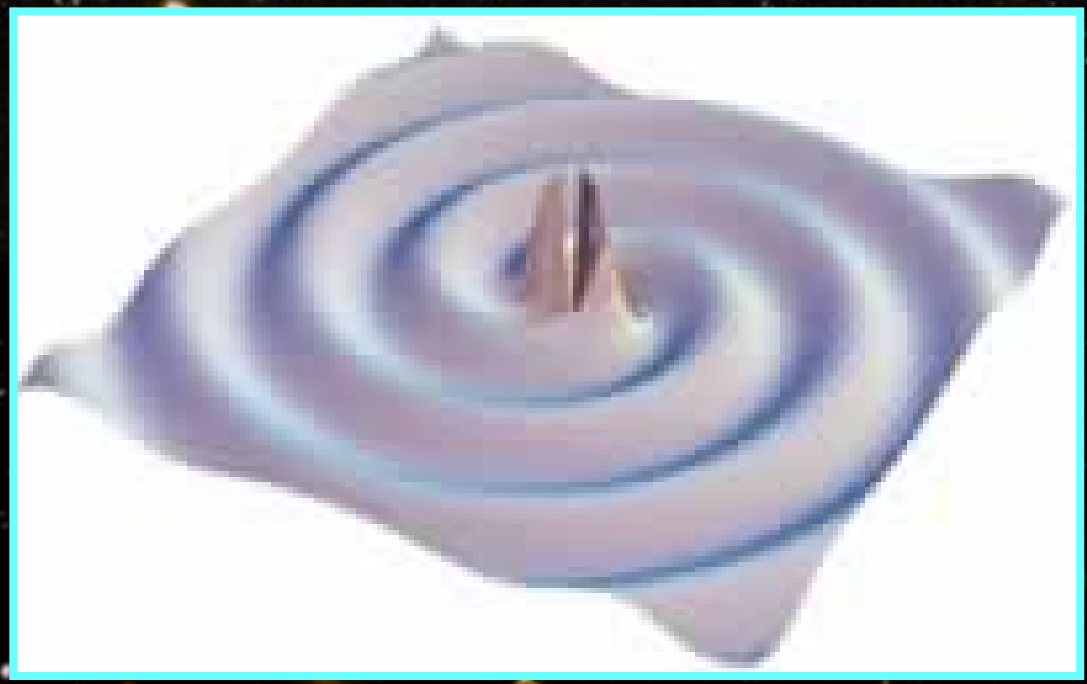
Detectores "indiretos" de neutrinos



Detector Super-Kamiokande, localizado a 1 km de profundidade, contem 50 toneladas de água. Em suas paredes internas estão fixados 11.146 tubos fotomultiplicadores para detectar luz, provenientes dos sub-produtos da interação dos neutrinos com a água e rocha nas vizinhanças.

Ondas Gravitacionais

Ondas gravitacionais são perturbações na estrutura do espaço-tempo produzidos por massas em aceleração, resultante de eventos violentos no universo.

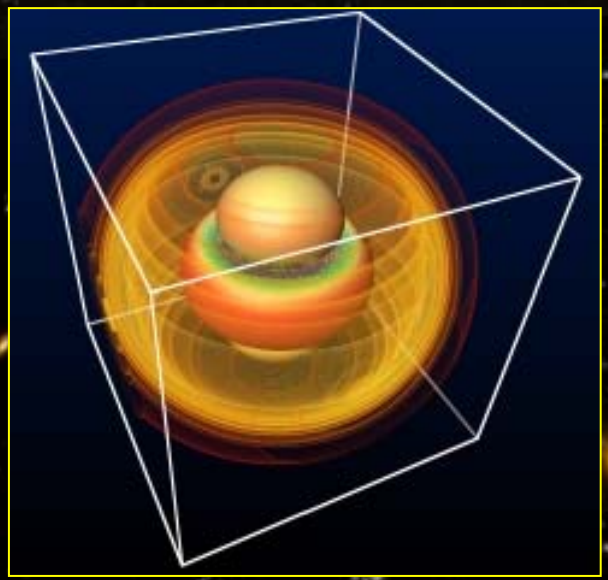


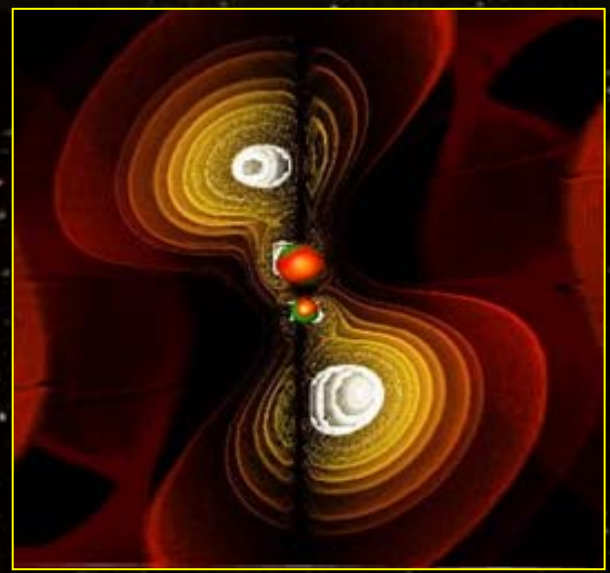
Concepção artística de uma onda gravitacional

Ondas gravitacionais são produzidas:

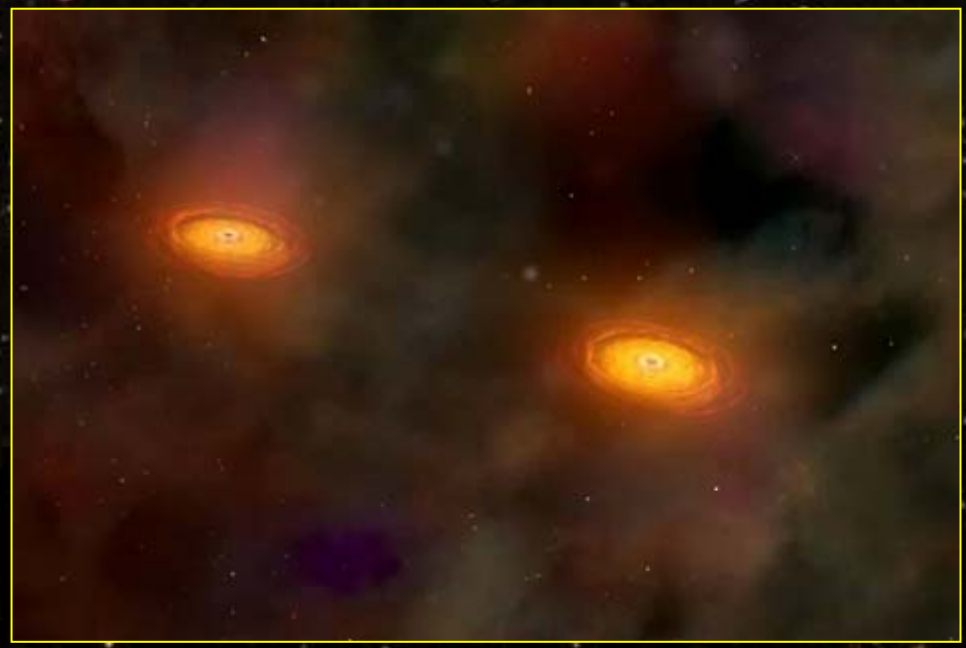
Explosões de supernovas;

Colisões de estrelas de nêutrons ou BN

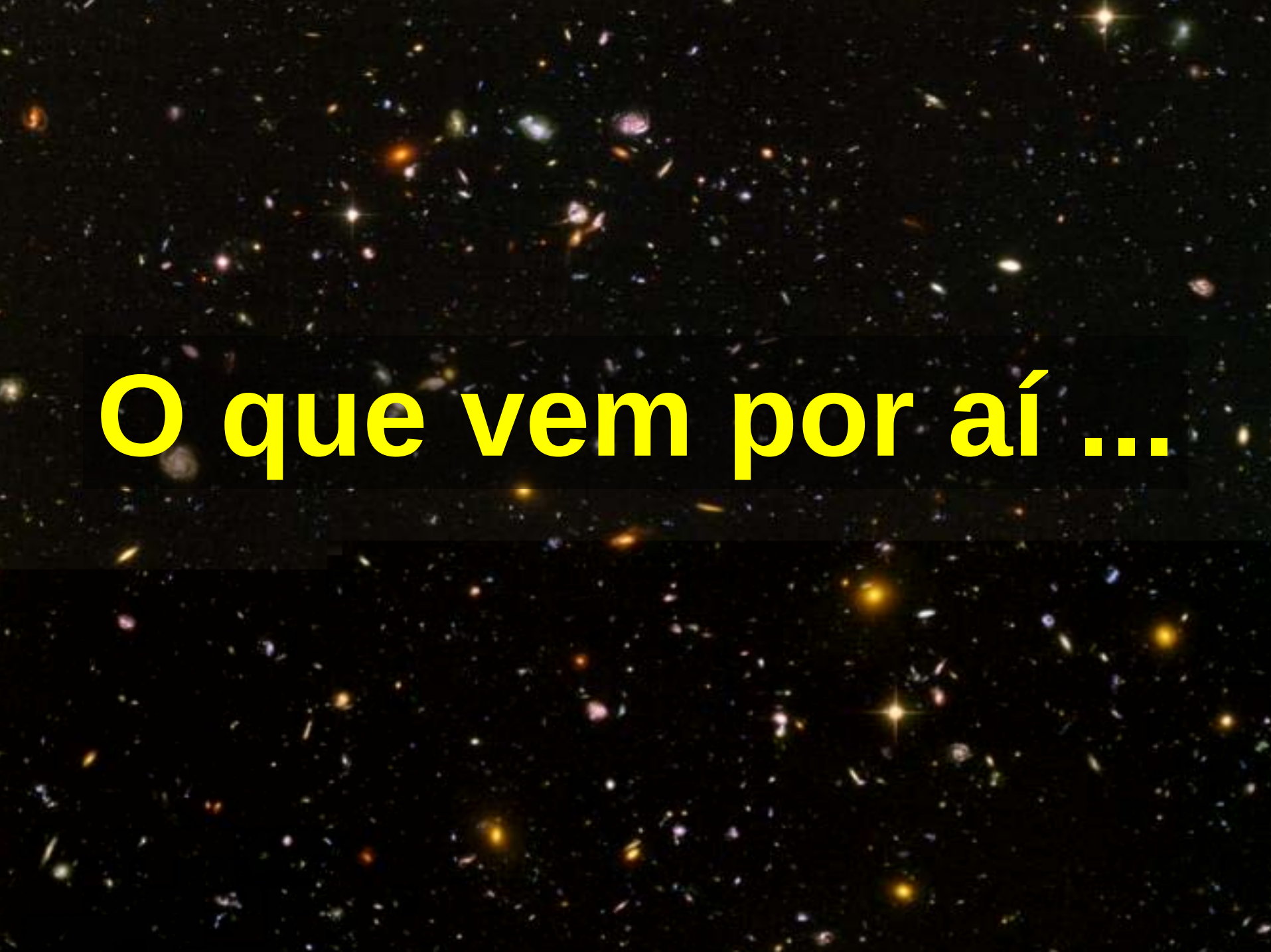




Colisão de Buracos Negros



LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory)


O que vem por aí ...

Para o futuro

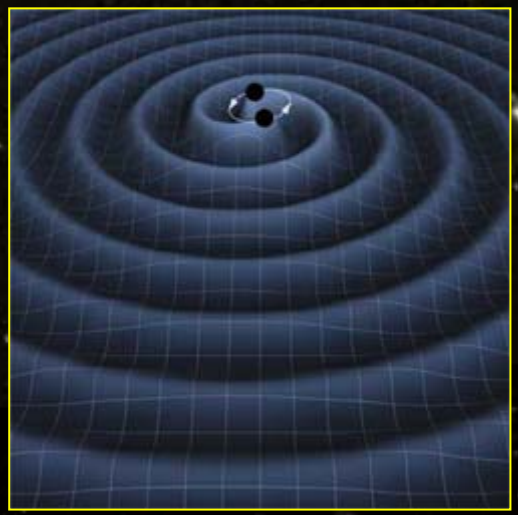
Atacama Large Millimeter Array - ALMA

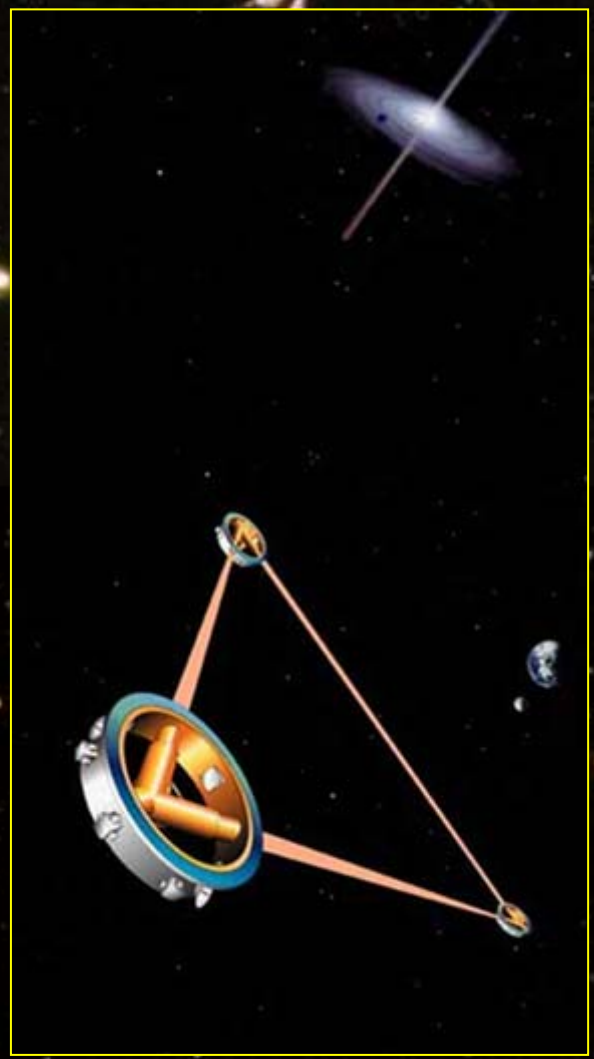
ALMA
ATACAMA LARGE MILLIMETER ARRAY

50 antenas de 12 metros de diâmetro. Previsão: 2013

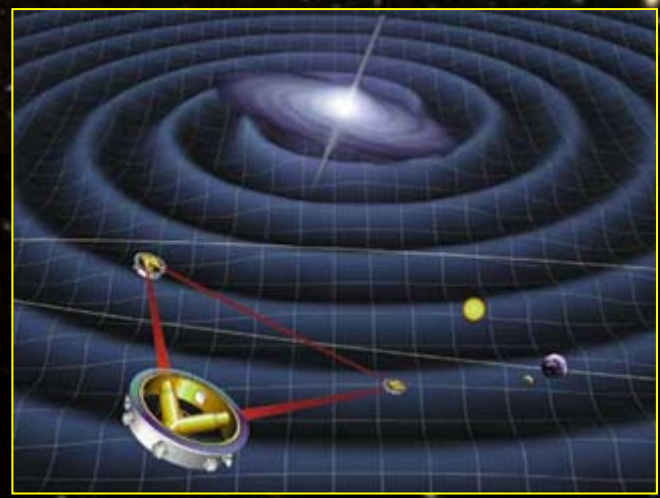
Para o futuro

Laser Interferometer Space Antenna (**LISA**)





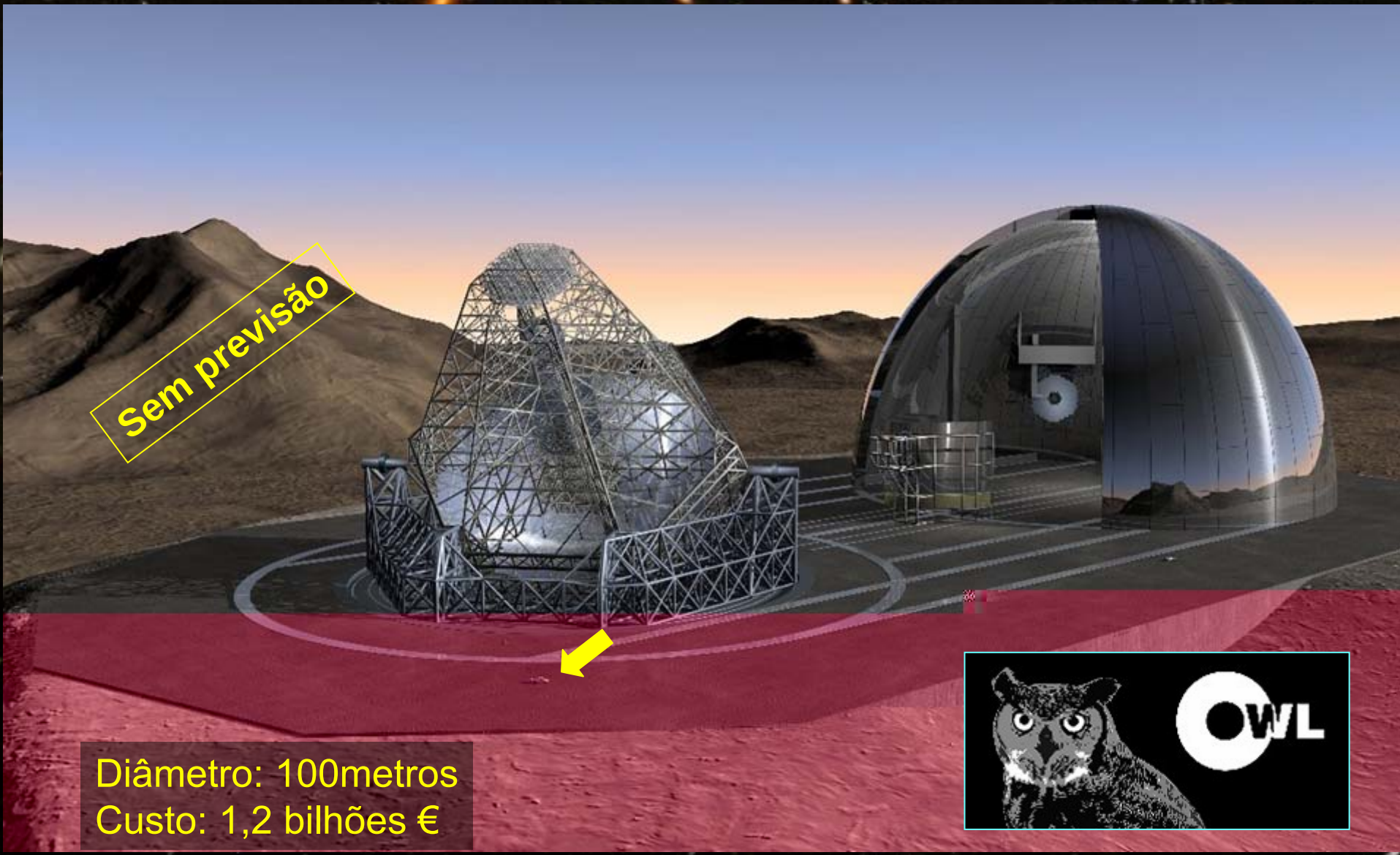
Conjunto de satélites para detectar ondas gravitacionais



Lançamento em 2015

Para o futuro

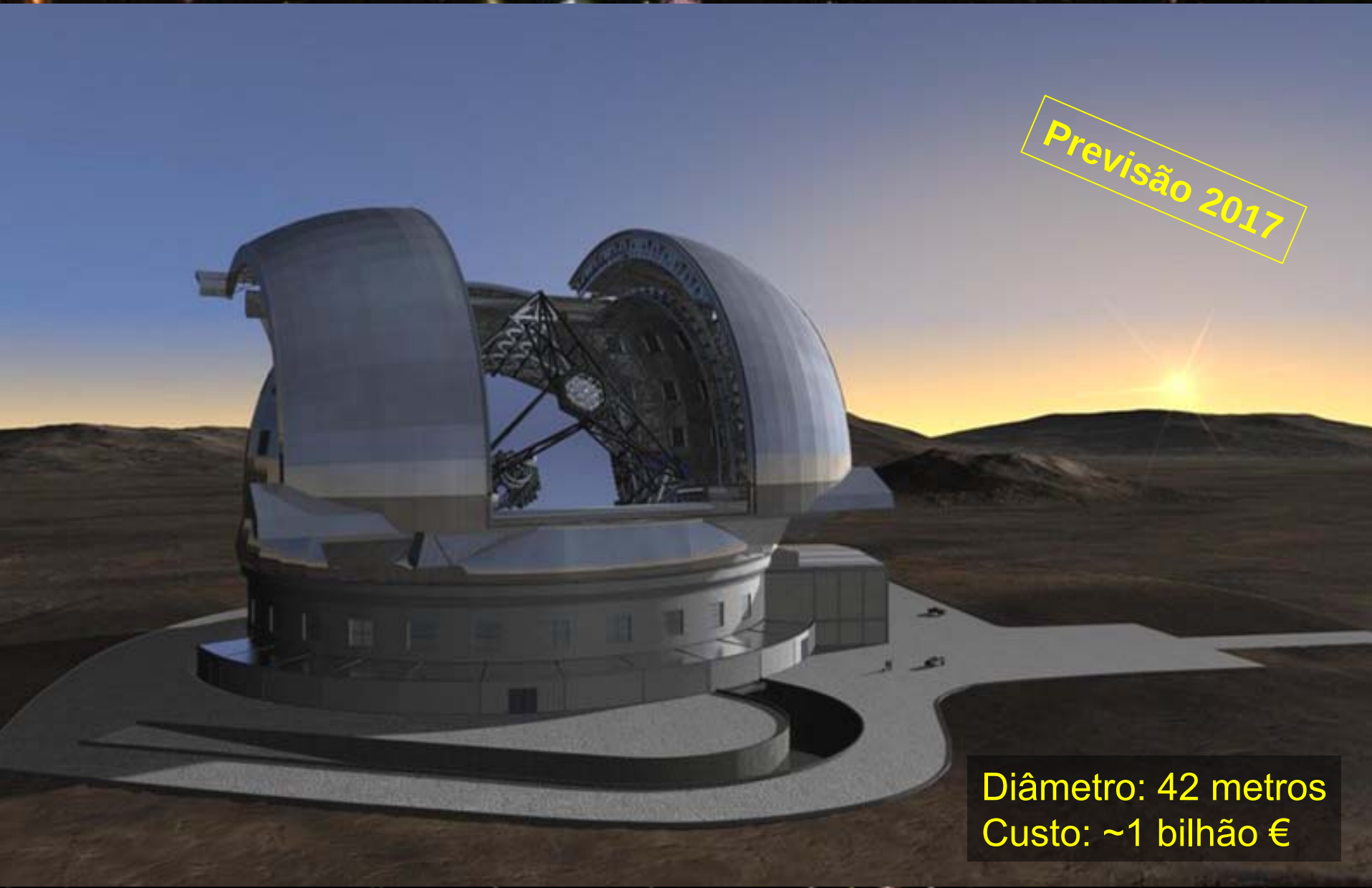
OverWhelmingly Large - OWL



Diâmetro: 100metros
Custo: 1,2 bilhões €

Para o futuro

European Extremely Large Telescope



Para o futuro

The Large Hadron Collider - LHC

É um acelerador de partículas com 27 km de circunferência, que está enterrado a ~100m de profundidade na fronteira Suíça-França. Feixes de partículas movem-se dentro do LHC em túneis de vácuo guiados por potentes magnetos supercondutores.

Produzirá choques entre prótons e íons pesados, gerando as menores partículas de matéria.

Será possível recriar as condições dos primeiros milionésimos de segundo da criação do Universo.

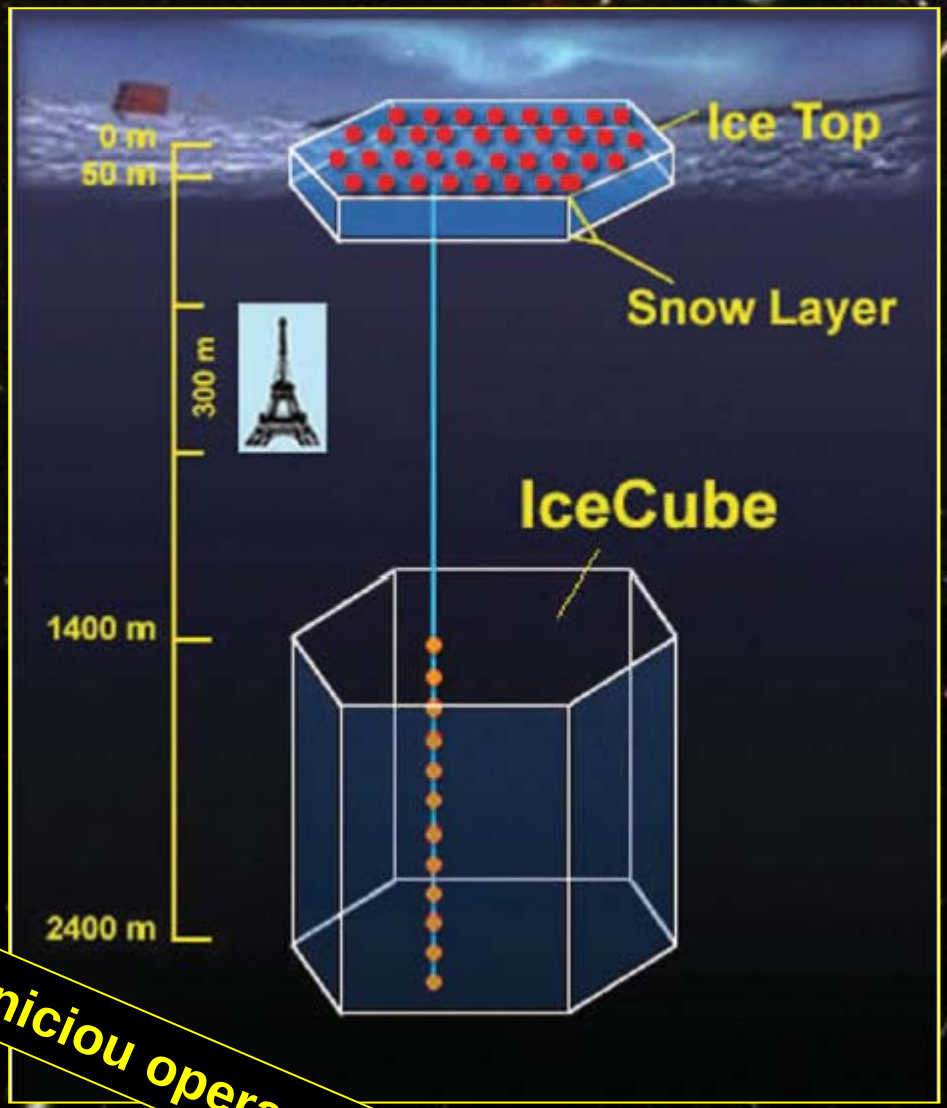
Túnel

Previsão 2009

Um dos magnetos

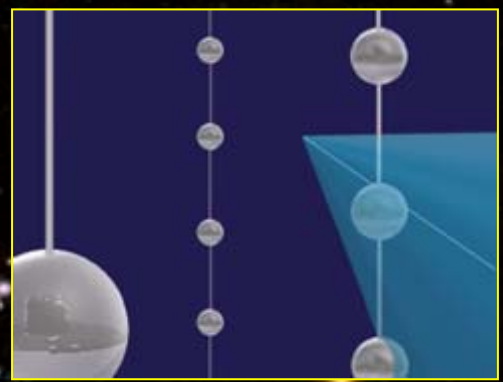
Para o futuro

Ice Cube (detector de neutrinos)



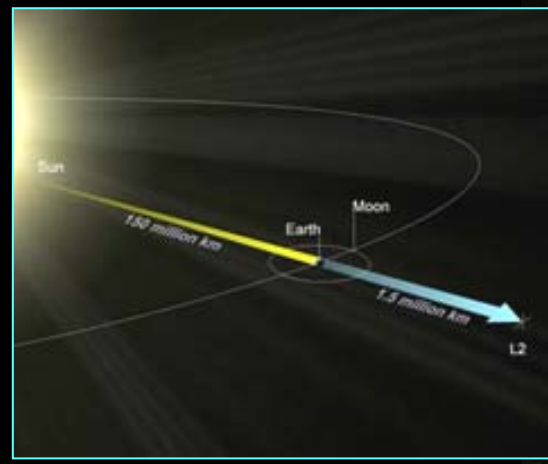
Iniciou operação 2008

Detector localizado no Pólo Sul

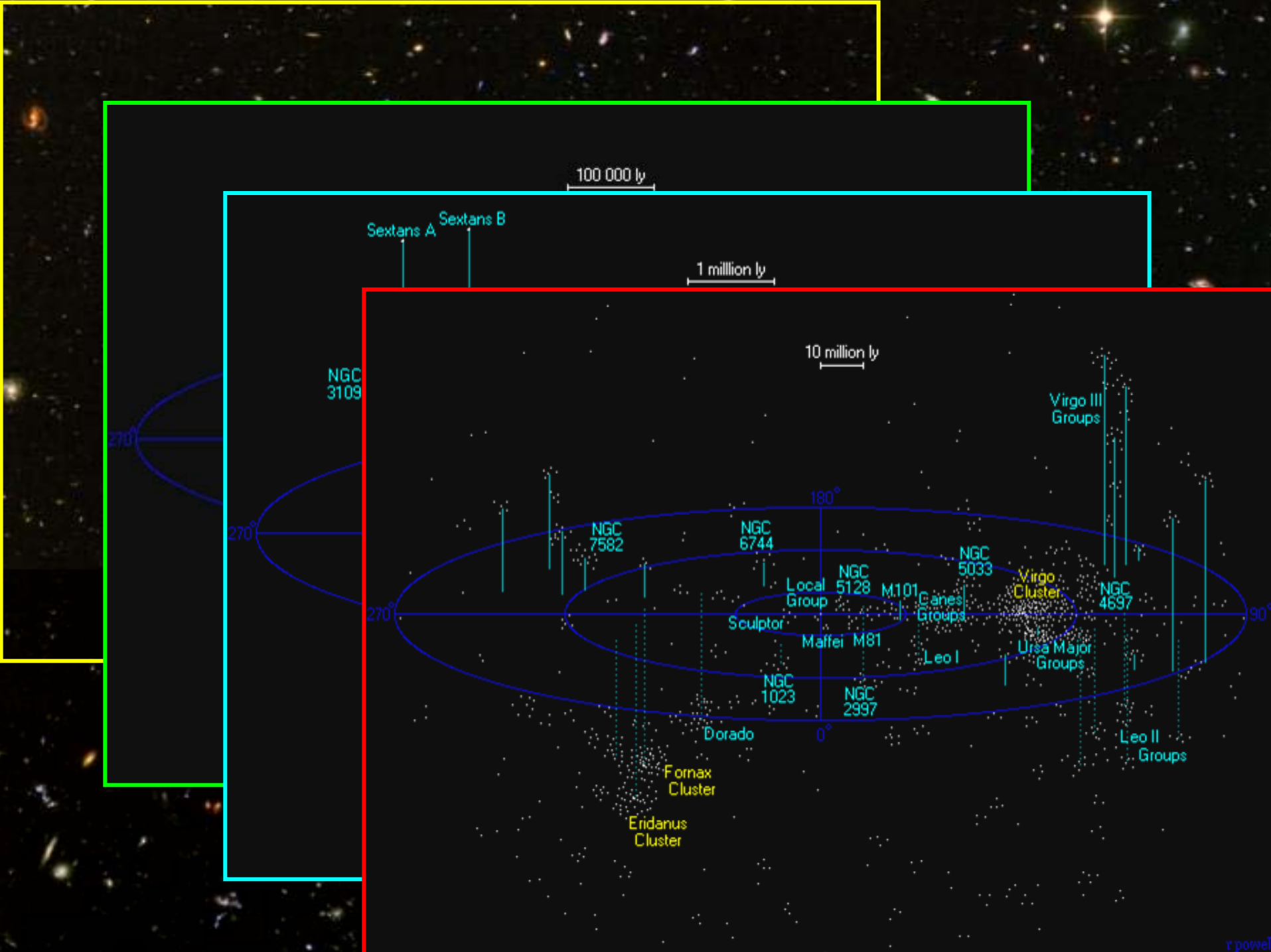


Para o futuro

James Webb Space Telescope

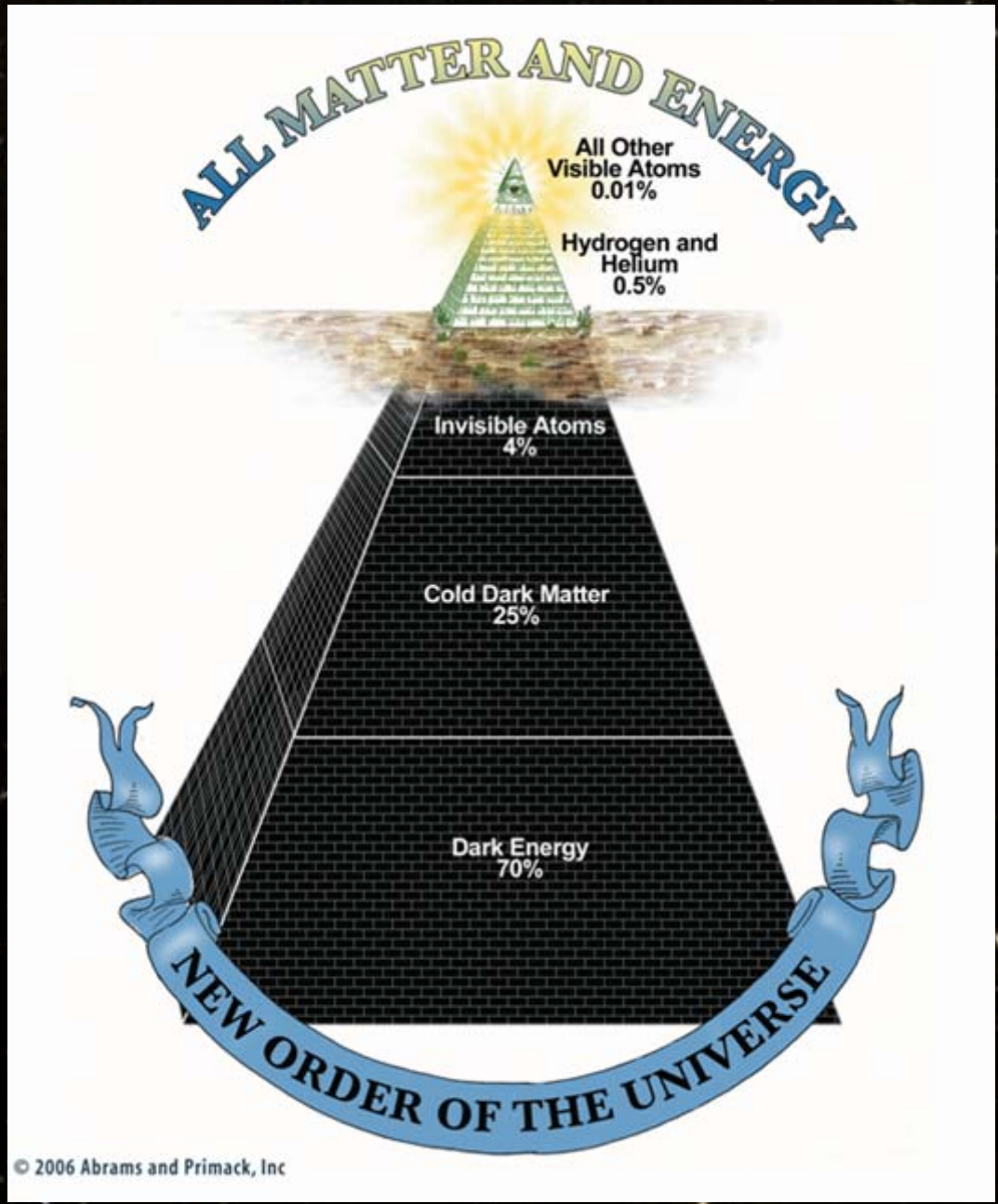


Diâmetro: 6 metros
Previsão: 2014


100 000 ly
Sextans A
Sextans B
1 milllion ly
10 million ly
NGC
3109
270°
180°
270°
90°
0°
NGC
7582
NGC
6744
NGC
5033
NGC
5128
M101
Local
Group
Canes
Groups
Virgo
Cluster
NGC
4697
Virgo III
Groups
Sculptor
Maffei
M81
Leo I
Ursa Major
Groups
NGC
1023
NGC
2997
Dorado
Leo II
Groups
Fornax
Cluster
Eridanus
Cluster

Inventário da matéria visível do universo

Inventário da matéria e energia do universo



Uma brevíssima história do Universo

- O Universo começou há ~14 bilhões de anos, quente, denso e bastante uniforme;

- As estruturas evoluíram de flutuações quânticas do vácuo;

- Estrelas, planetas, galáxias, aglomerados de galáxias, formaram-se de material primordial colapsando por efeito da gravidade, nos halos de matéria escura;

- Aglomerados formam-se pela queda de “bolsões” de matéria ao longo de filamentos;

- As galáxias formaram primeiramente suas estrelas, depois terminaram de se formar, e mais recentemente estão construindo os aglomerados e superaglomerados;

- A composição do Universo é de 5% matéria normal, 25% de matéria escura e 75% de alguma forma de energia que produz a sua expansão acelerada;

O que estamos fazendo para entender a energia escura ?

http://www.des-brazil.org/

Um passeio pelo Universo

Fim
maia@on.br
http://staff.on.br/maia

Referências

Novas janelas para o Universo – Maria C.B. Abdalla & Thyrso Villela Neto. Editora UNESP, 2005.
À luz das estrelas – Lilia I. Arany-Prado. DPA editora, 2006.
Nossa estrela: o Sol – Adriana V.R. Silva. Editora Livraria da Física, 2006.
As origens do Universo – Malcolm Longair. Jorge Zahar Editor, 1994.
Introdução à Astronomia e Astrofísica – Kepler de Souza Oliveira & Maria de Fátima O. Saraiva. Editora da UFRGS, 1999.

Endereços na internet

http://astro.if.ufrgs.br (Livro do Kepler de Souza)
http://www.on.br/revista/index.html (Revista Café Orbital do Observatório Nacional)
http://www.universetoday.com/ (Notícias diárias sobre o Universo (em inglês))
http://staff.on.br/maia (Esta palestra e mais algumas outras)
http://www.spitzer.caltech.edu/spitzer/index.shtml (Spitzer Space Telescope)
http://chandra.harvard.edu/ (CHANDRA Observatory)
http://www.galex.caltech.edu/ (Galaxy Evolution Explorer)
http://www.jwst.nasa.gov/ (The James Webb Space Telescope)
http://lhc.web.cern.ch/lhc/ (The Large Hadron Collider)
http://www.eso.org/projects/owl/index.html (OverWhelmingly Large Telescope)
http://www.eso.info/projects/alma/ (ALMA Radiotelescope)
http://www.auger.org/ (Pierre Auger Cosmic Ray Observatory)
http://www.ligo.caltech.edu/ (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory)
http://lisa.jpl.nasa.gov/index.html (LISA Observatory)
http://www.esa.int/SPECIALS/Integral/ (INTEGRAL Gamma ray observatory)
http://icecube.wisc.edu/ (Detector Ice Cube)