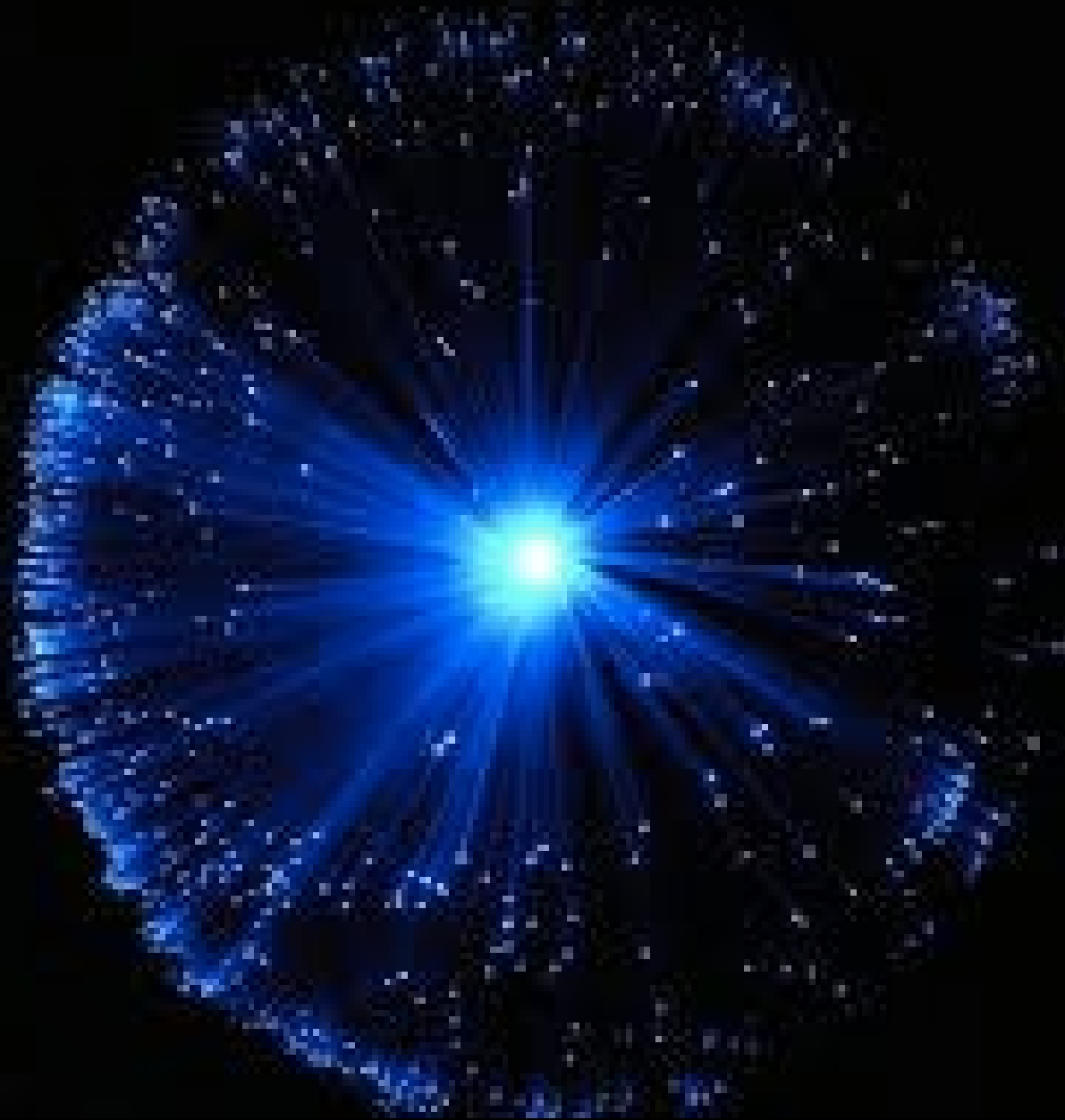
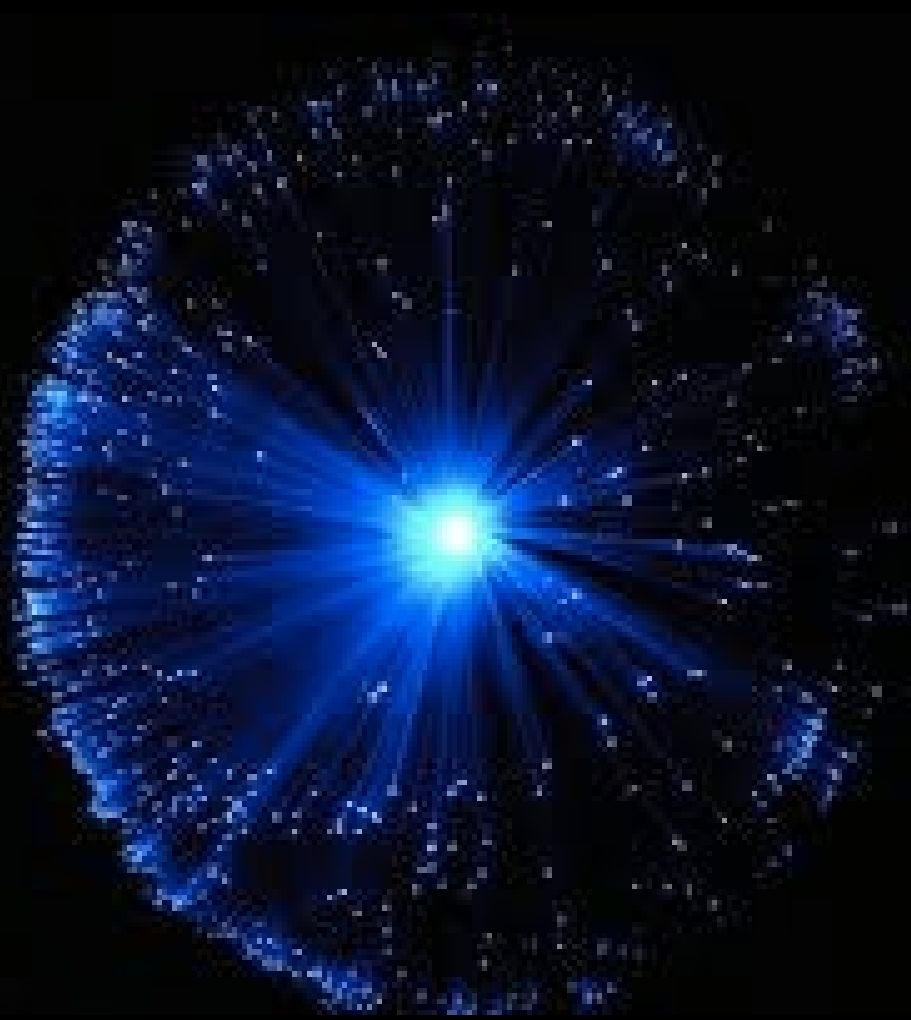


Big-Bang



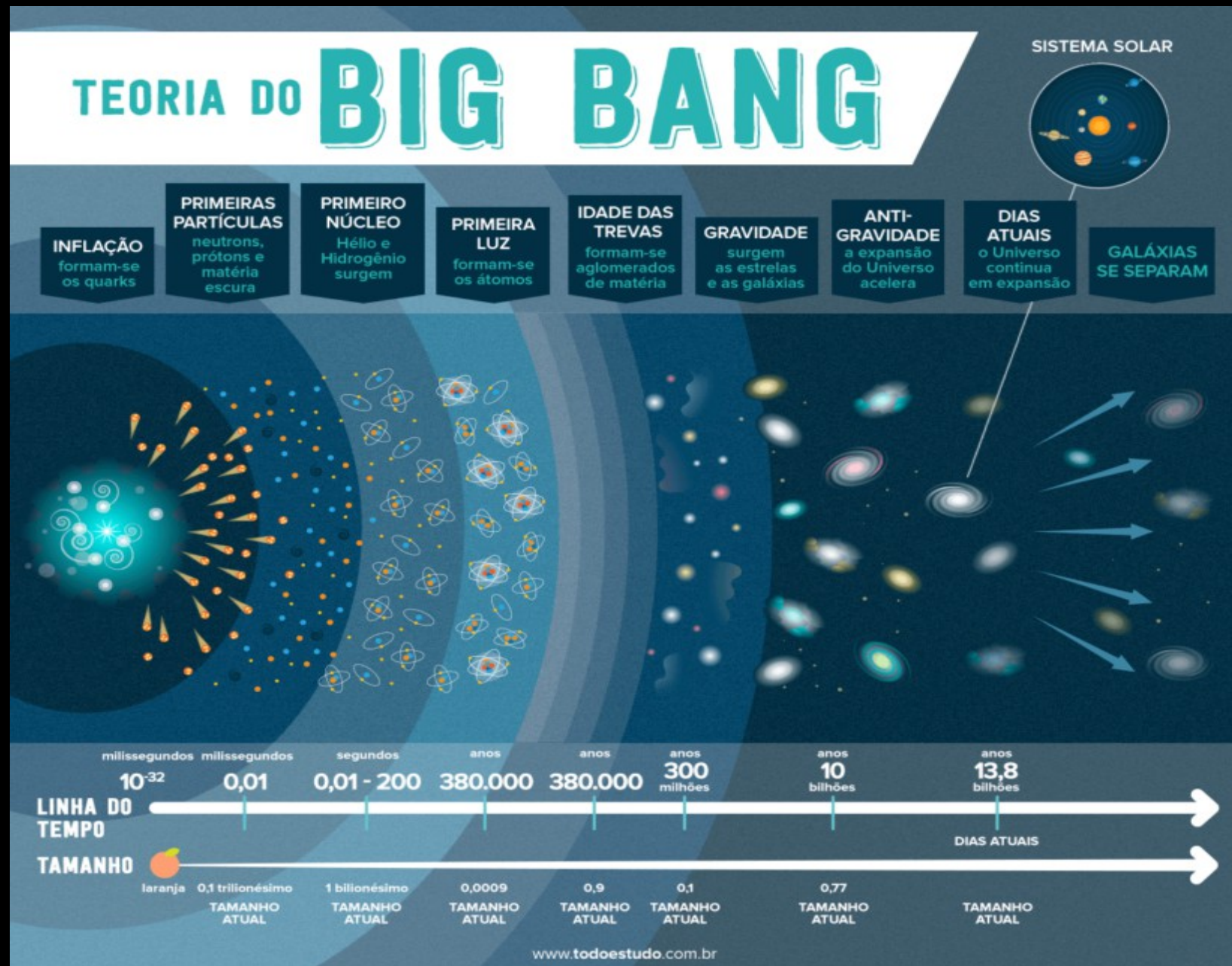
O **Big-Bang** representaria o início da criação e expansão do espaço-tempo, da criação da matéria e energia, além da criação das 4 forças da natureza, entre elas a gravidade...



...não foi uma explosão...!

...pois para isto já precisaria existir o espaço para que o evento se propagasse.....

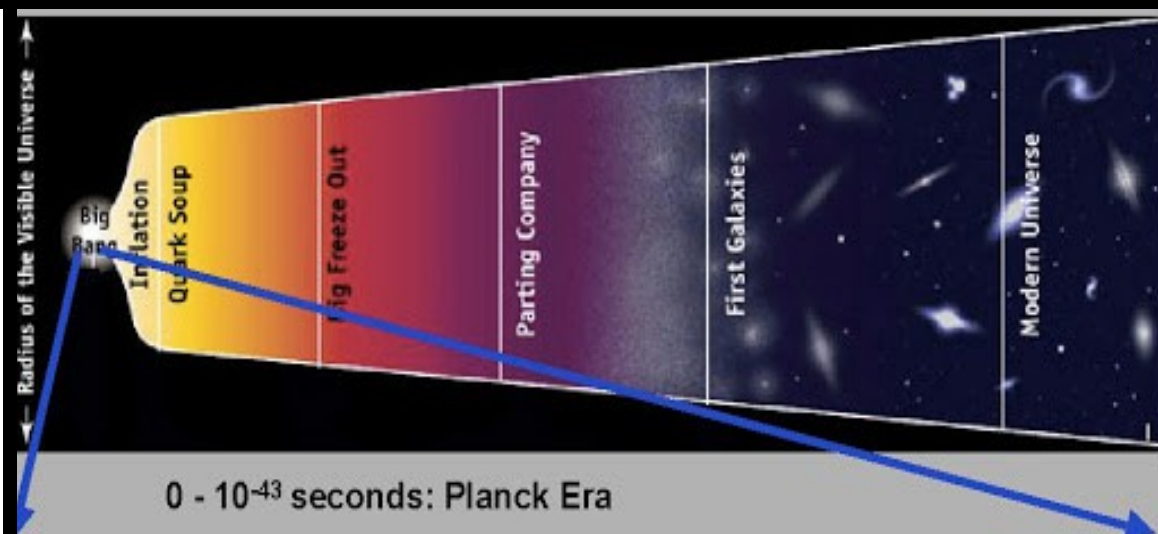
A física que conhecemos hoje explica razoavelmente bem como o Universo evoluiu e permite formar um **Cenário com domínio de Eras**



O entendimento dos instantes iniciais da evolução do Universo no contexto deste **Cenário** é conhecido como **Era de Planck** e não se conhece muito desta fase. Para entender melhor estes instantes iniciais seria necessário unificar a Relatividade com a Física Quântica, o que está no momento em construção.

A fase logo após a **Era de Planck**, conhecida como **Era da Inflação**, envolve a formação dos quarks e a formação de subpartículas do núcleo atômico. Esta fase vem sendo estudada por aceleradores de partículas que simulam as condições físicas nos instantes iniciais de Evolução do Universo, para entender o comportamento da matéria.

Idade Cósmica	Temperatura	Eventos Marcantes
$< 10^{-43}$ s	$> 10^{32}$ K	Big Bang. Unificação das 4 forças. Era de Planck.
10^{-43} s	10^{32} K	Tempo de Planck. Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (Teoria da Grande Unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
10^{-35} s	10^{28} K	Força nuclear forte se separa da força eletrofraca.
10^{-32} s	10^{27} K	Era da inflação. Universo se expande rapidamente.

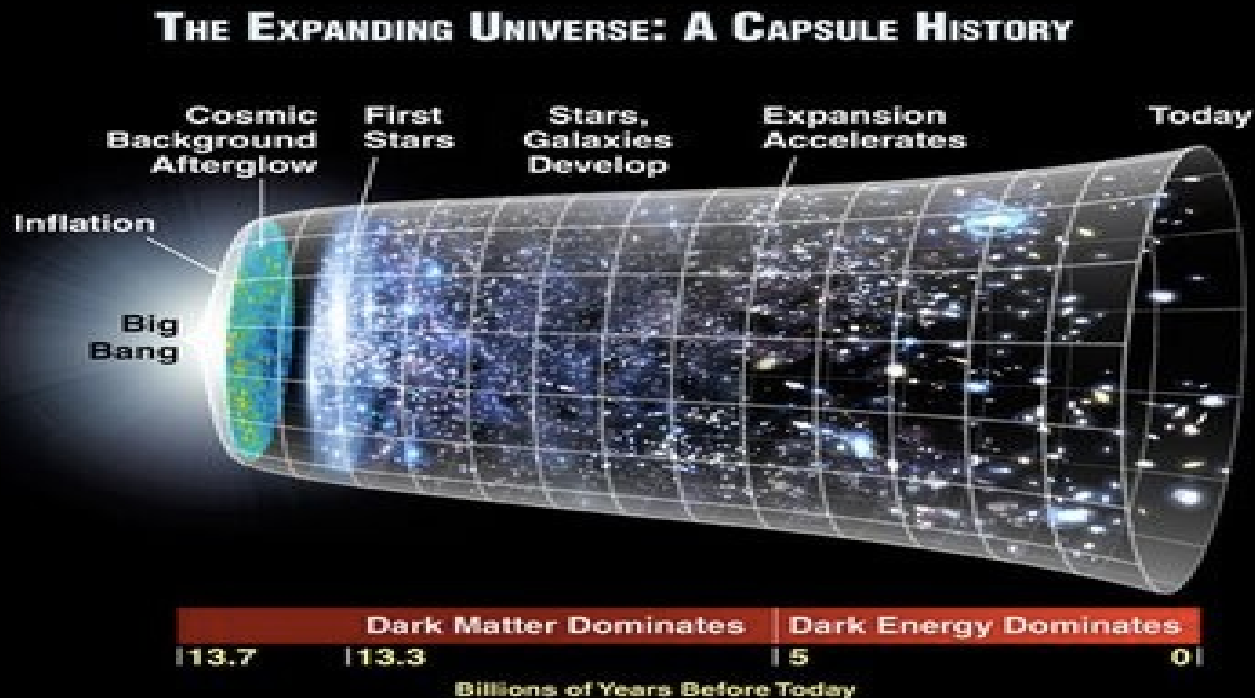


Big Bang - História Térmica do Universo

...a transformação da energia em matéria ($E=mc^2$)

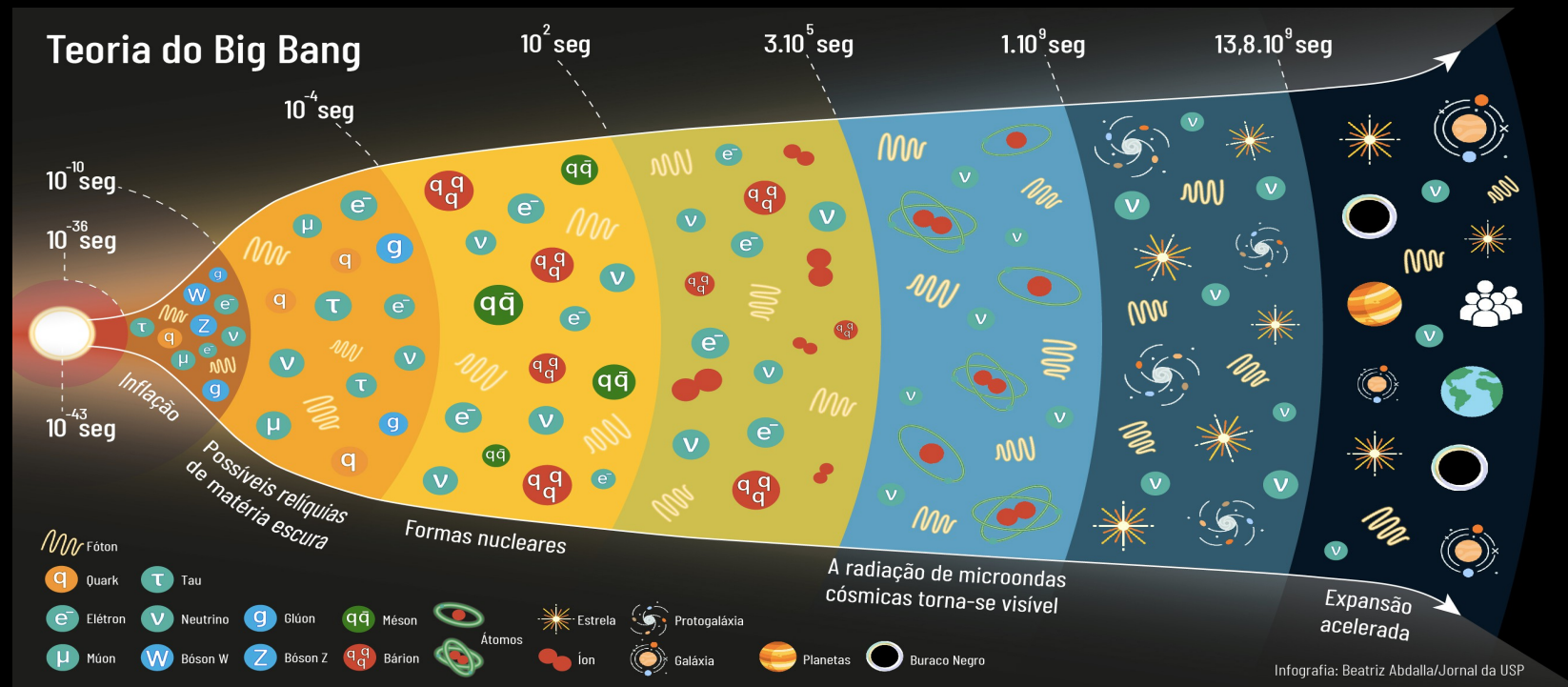
No Cenário do Big Bang, toda a energia do Universo estaria concentrada em um “ponto”, definido como **singularidade**, onde estaria associada a origem do evento, e que ao se expandir **diminui a densidade, a temperatura e a energia associada a este evento vai se transformando em matéria ($E=mc^2$)**.

Como consequência do resfriamento, inicia-se um processo de formação de protons e neutrons, a partir de uma espécie de sopa de quarks e gluons soltos, formados na fase anterior.



Nos instantes iniciais de evolução do Universo, **logo após o Big Bang**, até 0,0001 segundos, era possível encontrar quarks e glúons soltos, fora de prótons e nêutrons.

Os aceleradores de partículas (ex: LHC) criam, simulam esta sopa de quarks, um plasma, onde as condições iniciais de evolução do Universo podem ser estudadas e medidas, verificando se as propriedades obtidas são compatíveis com o Universo observado.

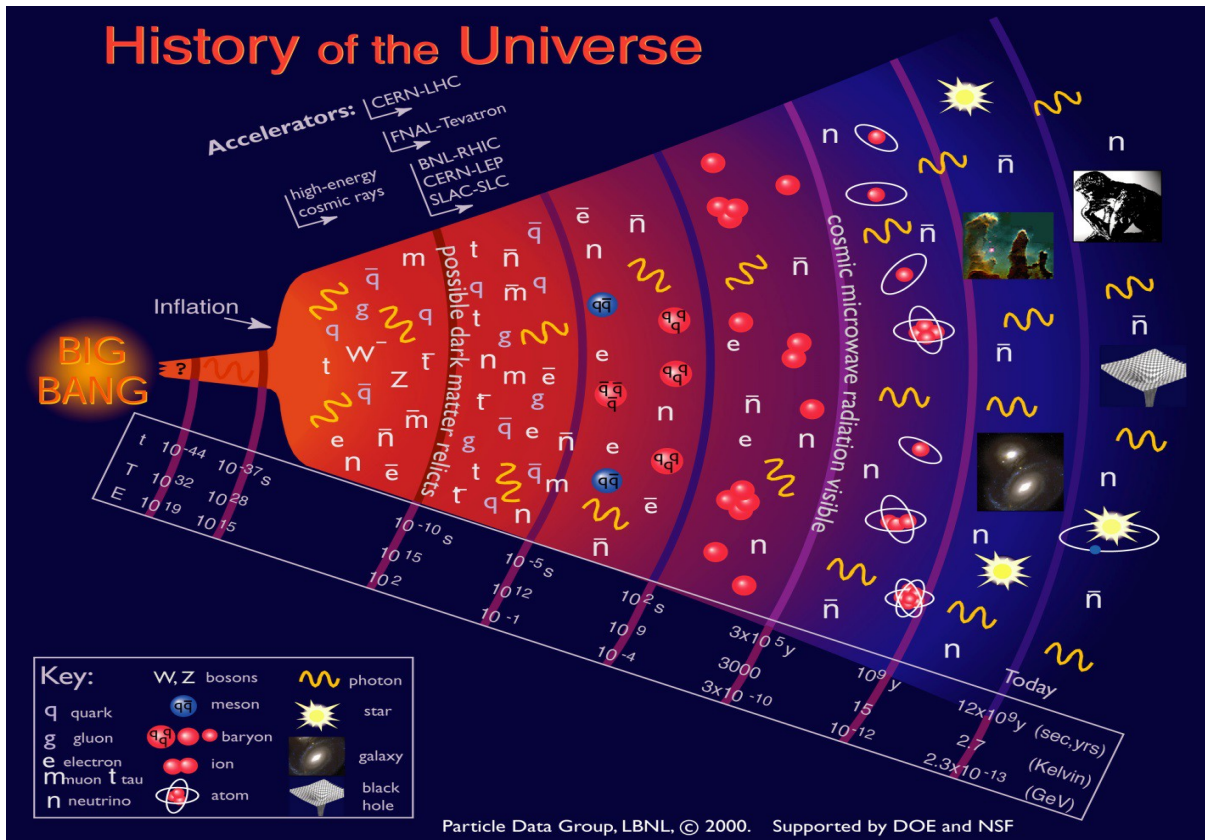


Infografia:
Beatriz Abdalla/
Jornal da USP

Cenário da História de Evolução Térmica do Universo

Conforme o Universo se expande a **temperatura diminui** e a **densidade** também.

Consequência: vão ocorrer fenômenos que estão diretamente relacionados com a diminuição da temperatura, caracterizando assim uma história térmica do universo, uma evolução, que resulta em diferentes Eras de Evolução do Universo.



$$E=mc^2$$

Resumo dos principais eventos ou Eras na evolução do Universo

Fonte:

Maria de Fátima Oliveira Saraiva,
Kepler de Souza Oliveira Filho &
Alexei Machado Müller

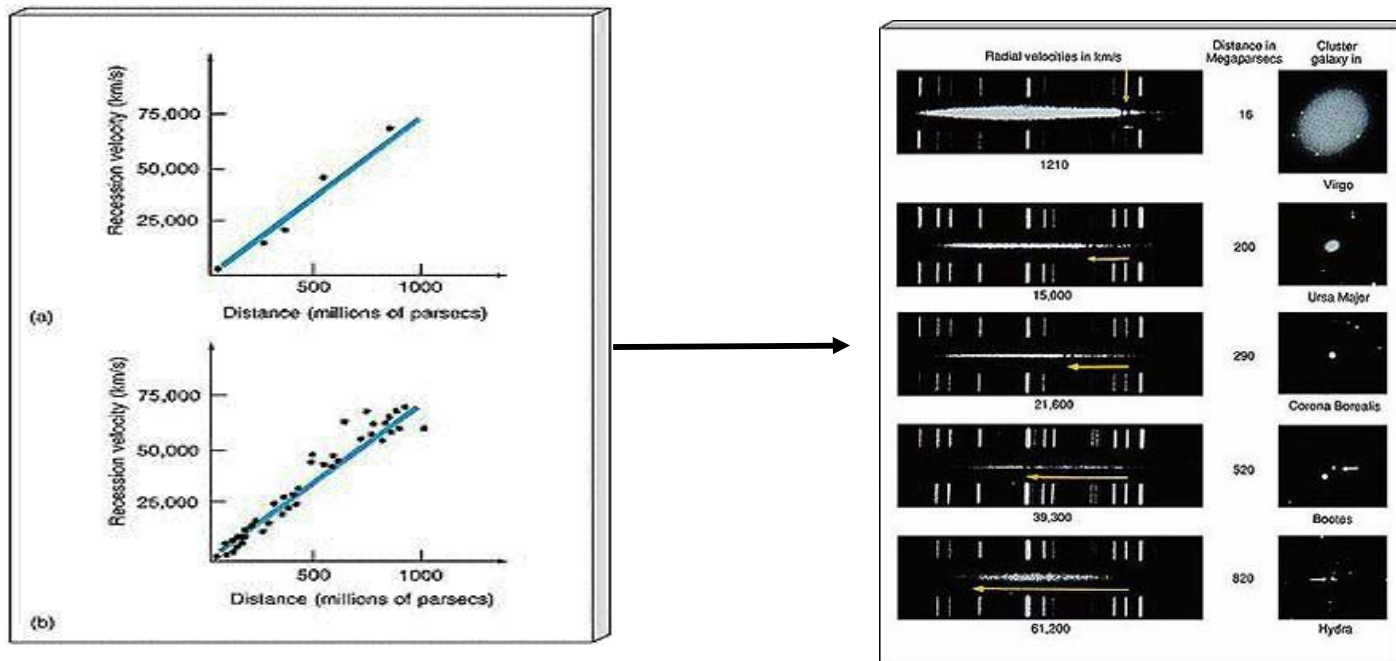
Idade Cósmica	Temperatura	Eventos Marcantes
$< 10^{-43}$ s	$> 10^{32}$ K	<i>Big Bang</i> . Unificação das 4 forças. Era de Planck.
10^{-43} s	10^{32} K	Tempo de Planck. Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (Teoria da Grande Unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
10^{-35} s	10^{28} K	Força nuclear forte se separa da força eletrofraca.
10^{-32} s	10^{27} K	Era da inflação. Universo se expande rapidamente.
10^{-10} s	10^{13} K	Era da radiação. Forças eletromagnética e fraca se separam.
10^{-7} s	10^{14} K	Era das partículas pesadas (era hadrônica). A colisão de fótons dá origem aos prótons, aos antiprótons, aos quarks e aos antiquarks.
10^{-1} s	10^{12} K	Era das partículas leves (era leptônica). Fótons retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como elétrons e pósitrons.
3 min	10^{10} K	Era da nucleossíntese. Prótons e elétrons interagem para formar nêutrons. Prótons e nêutrons formam núcleos de deutério, de hélio, e pequena quantidade de lítio e de berílio. Todos os átomos encontram-se ionizados.
380×10^3 anos	10^3 K	Era da recombinação. Os elétrons se unem aos núcleos para formarem os átomos. A radiação pode fluir livremente pelo espaço. (O Universo fica transparente.)
1×10^8 anos	20 K	Formação das galáxias.
10×10^8 anos	3 K	Era presente. Formação do Sistema Solar. Desenvolvimento da vida.

Big-Bang
Temos alguma evidência ?

1ª evidência observacional: maioria das galáxias se afastando

A descoberta da **expansão do Universo** forneceu a 1ª evidência real, observacional, de que o **Universo muda com o tempo e que pode ter havido um começo...**

O gráfico abaixo (esq.) mostra que a velocidade com que as galáxias estão se afastando da Via-Láctea é proporcional a sua distância. O desvio espectral observado na comparação dos espectros observado e de laboratório (fig. dir.) é, portanto, consequência da expansão do Universo.



Deslocamento de linhas espectrais e Lei de Hubble



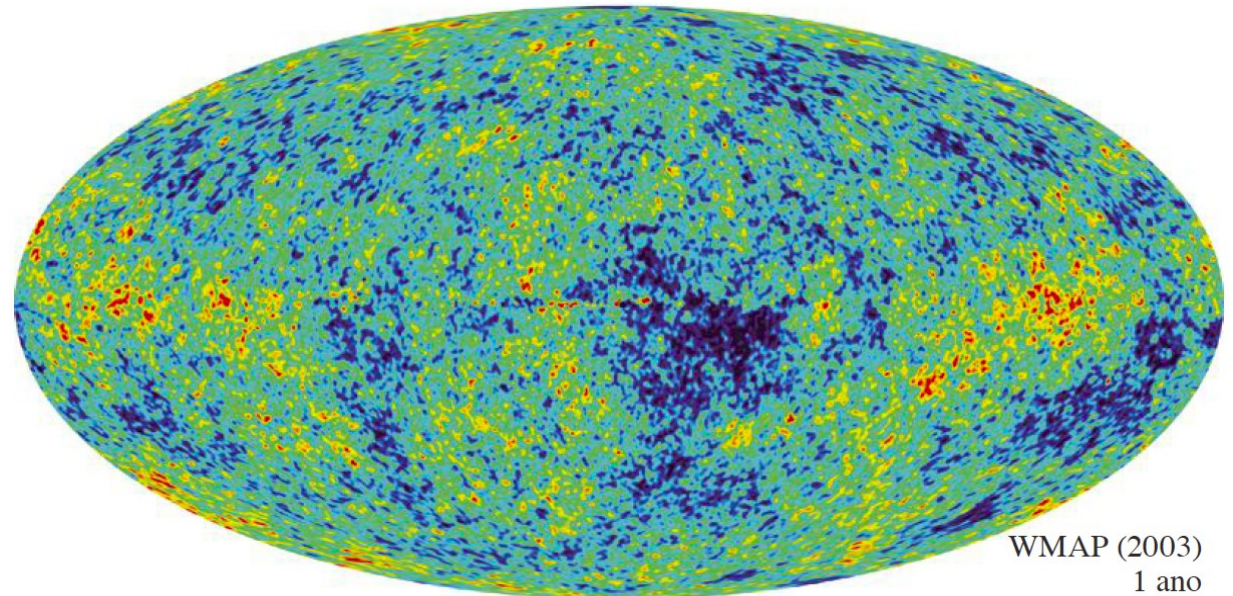
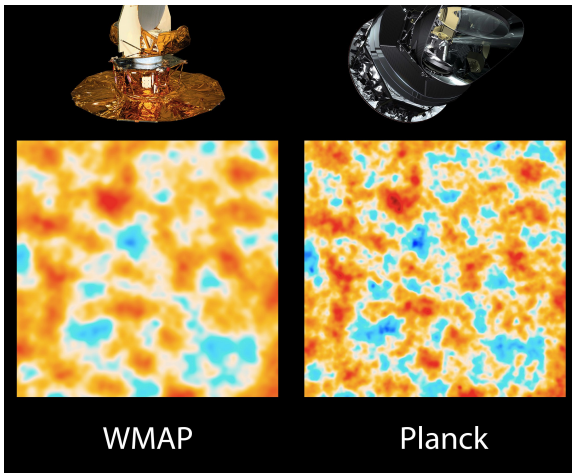
2a Evidência: O Paradoxo de Olbers:
Porque o céu é escuro a noite?

...é um indicativo de que o Universo teve um começo



3ª Evidência

Detecção da Radiação Cósmica de Fundo de Microondas- RCFM

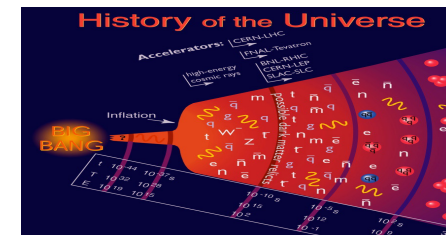


A RCFM é uma impressão digital do Universo há 13,7 bilhões de anos. As flutuações observadas mostram regiões mais, ou menos, densas que a média. São muito pequenas da ordem de uma parte em cem mil.

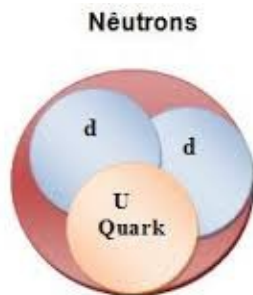
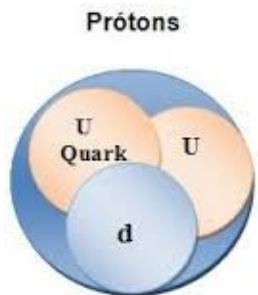
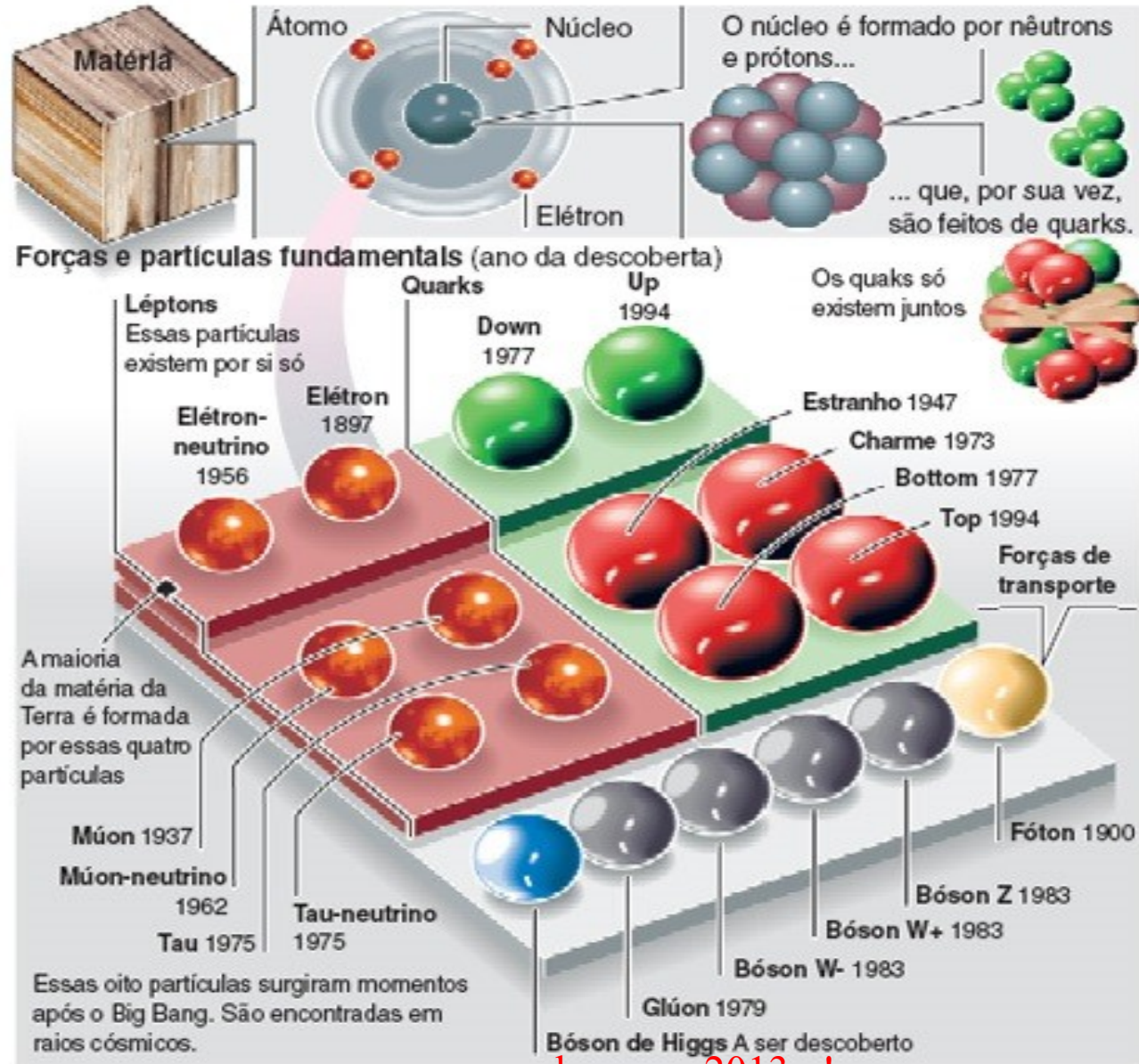
Comparação: uma bola perfeitamente lisa com 1 metro de diâmetro. Se imaginarmos imperfeições na mesma escala que a RCFM, na superfície teremos elevações ou depressões com cerca de 0,01 milímetro.

Física de Partículas (Era da Inflação)

O que são quarks, gluons, hadrons...?



No núcleo atômico, prótons e neutros são constituídos por hadrons, que por sua vez são partículas compostas, formadas por um estado ligado de quarks-partículas elementares.



desc. em 2013...!

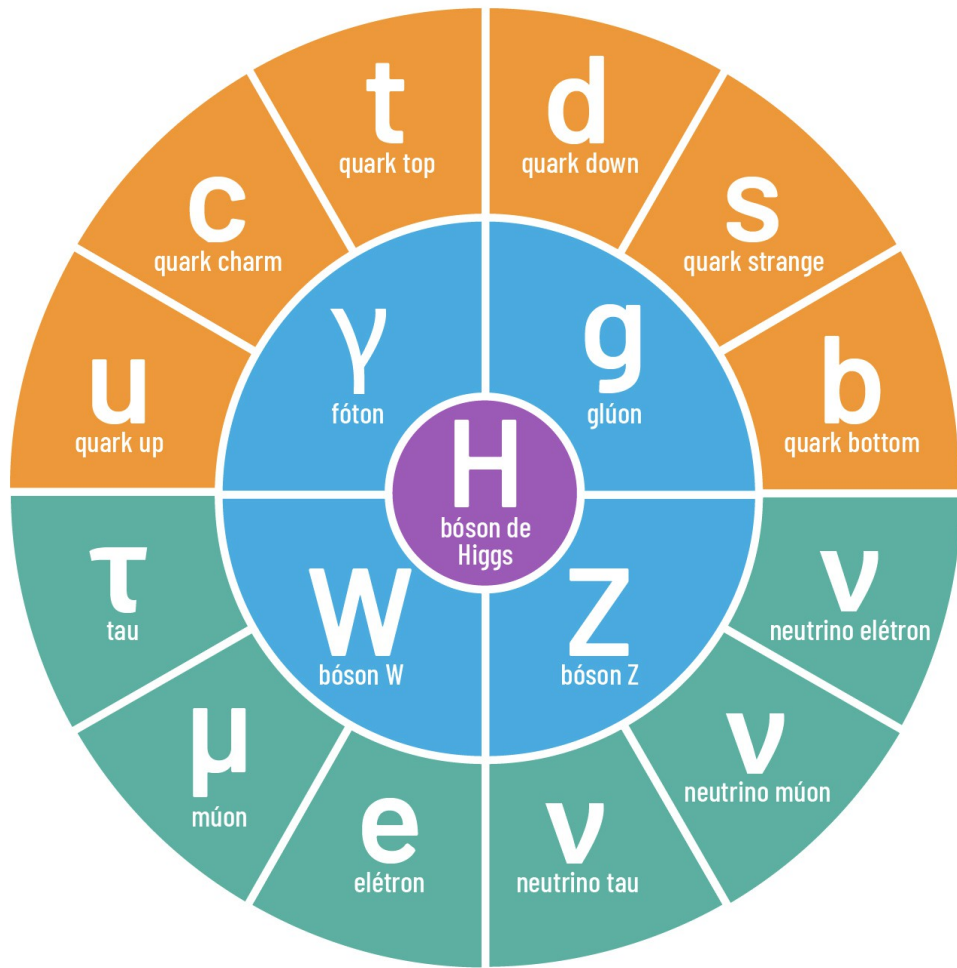
Fazem parte de um conjunto de 17 subpartículas a partir das quais tudo no universo foi formado.

São elas: 6 tipos de quarks, 6 léptons, 4 tipos de bósons, que são partículas mediadoras e o Bóson de Higgs.

Partículas do Modelo Padrão



Modelo Padrão



● BÓSON DE HIGGS ● BÓSONS ● QUARKS ● LÉPTONS

Bóson de Higgs

2012 - CERN

Explica a origem da massa das outras partículas elementares.

Glúon

1979 - DESY

Une os quarks formando outras partículas, como os prótons.

Fóton

1923 - Washington University

Transmite força eletromagnética entre partículas carregadas.

Bóson W

1983 - CERN

Essencial para reações nucleares, como as do Sol.

Bóson Z

1983 - CERN

Eletricamente neutro, ele é sua própria antipartícula.

Quark Down

1968 - SLAC

Impede os prótons de decaírem dentro dos átomos.

Quark Charm

1974 - Brookhaven & SLAC

Atua nas correntes neutras da interação fraca.

Quark Top

1975 - Fermilab

Quark mais pesado, tem massa semelhante à de um átomo.

Quark Up

1968 - SLAC

Os quarks Up e Down compõem os prótons e nêutrons.

Quark Bottom

1977 - Fermilab

Explica a violação do decaimento de Kaons.

Quark Strange

1947 - Manchester University

Tem um tempo de desintegração maior do que o comum.

Neutrino Elétron

1956 - Savannah River Plant

É produzido através de reações nucleares como as solares.

Neutrino Múon

1962 - Brookhaven

Junto com sua antipartícula, compõe os feixes de neutrinos.

Neutrino Tau

2000 - Fermilab

Última partícula do modelo padrão a ser descoberta.

Tau

1976 - SLAC

Primeira partícula de terceira geração a ser descoberta.

Múon

1937 - Caltech & Harvard

Semelhante ao Elétron, porém com massa muito maior.

Elétron

1837 - Cavendish Laboratory

A partícula carregada mais leve, compõe todos os átomos.

Infografia: Beatriz Abdalla/Jornal da USP
Material baseado na publicação de Symmetry Magazine

Nova física - A física de partículas busca descrever quais partículas elementares e quais forças são capazes de explicar tudo o que existe, e teóricos acreditam que o Modelo Padrão não deve ser a palavra final. Eventos como o observado no LHCb podem apontar o caminho da nova física.

Acelerador de Partículas – Grande Colisor de Hadrons (LHC)

European Organization for Nuclear Research – CERN

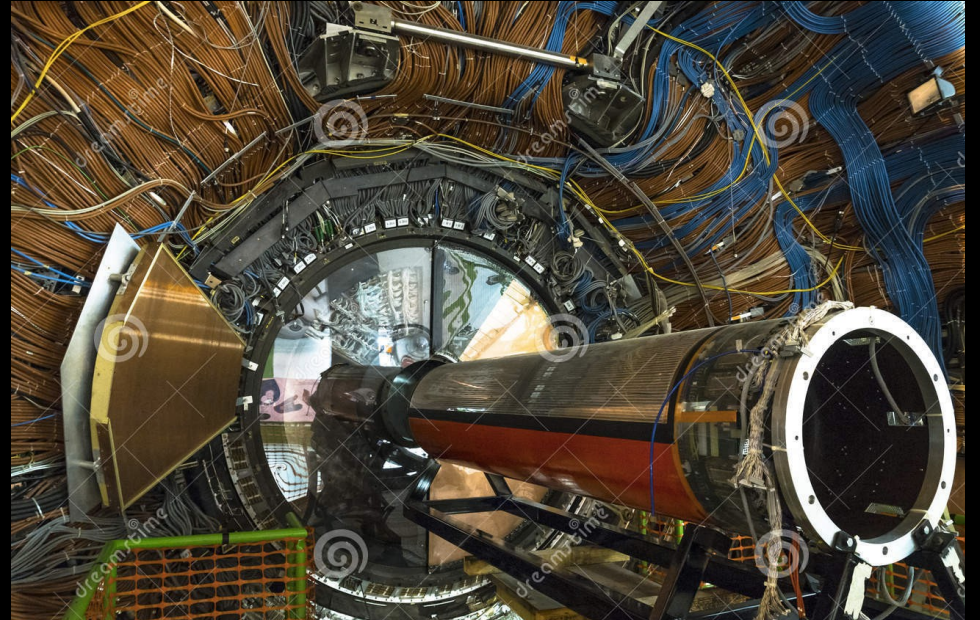
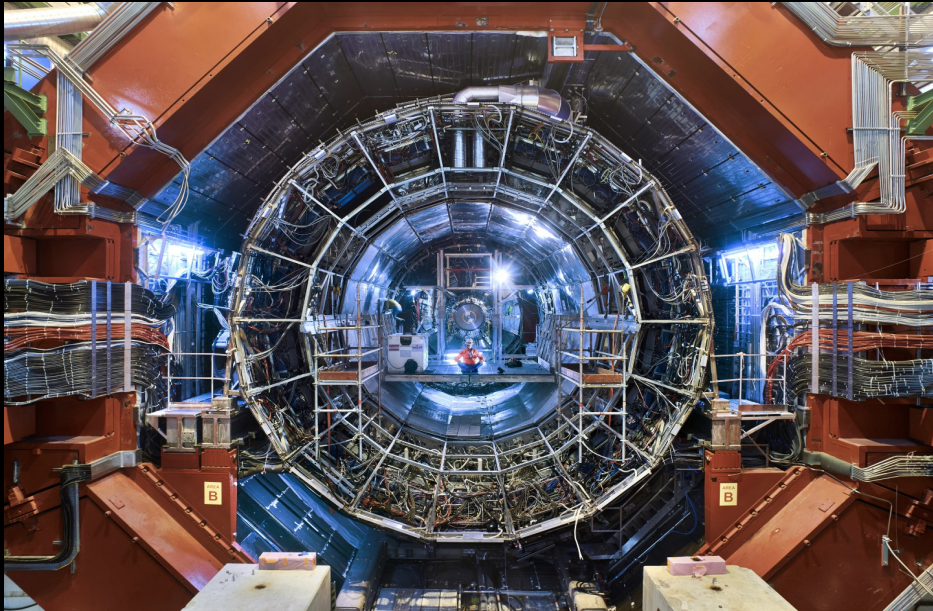
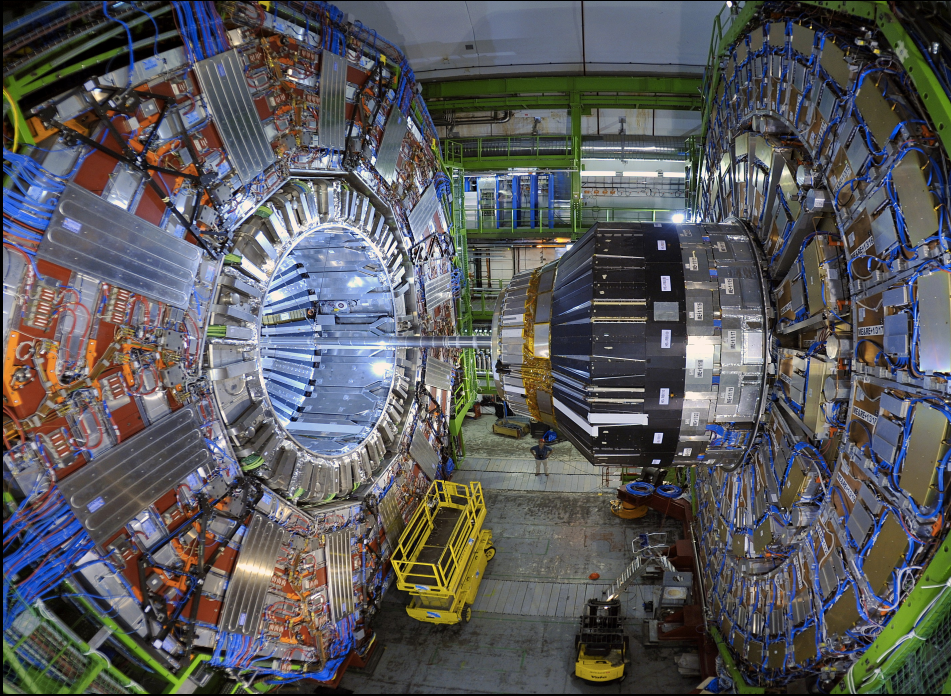
...um monumento da engenhosidade humana

10 mil cientistas; 7 tipos de experimento; 4 supermáquinas – as maiores do mundo!

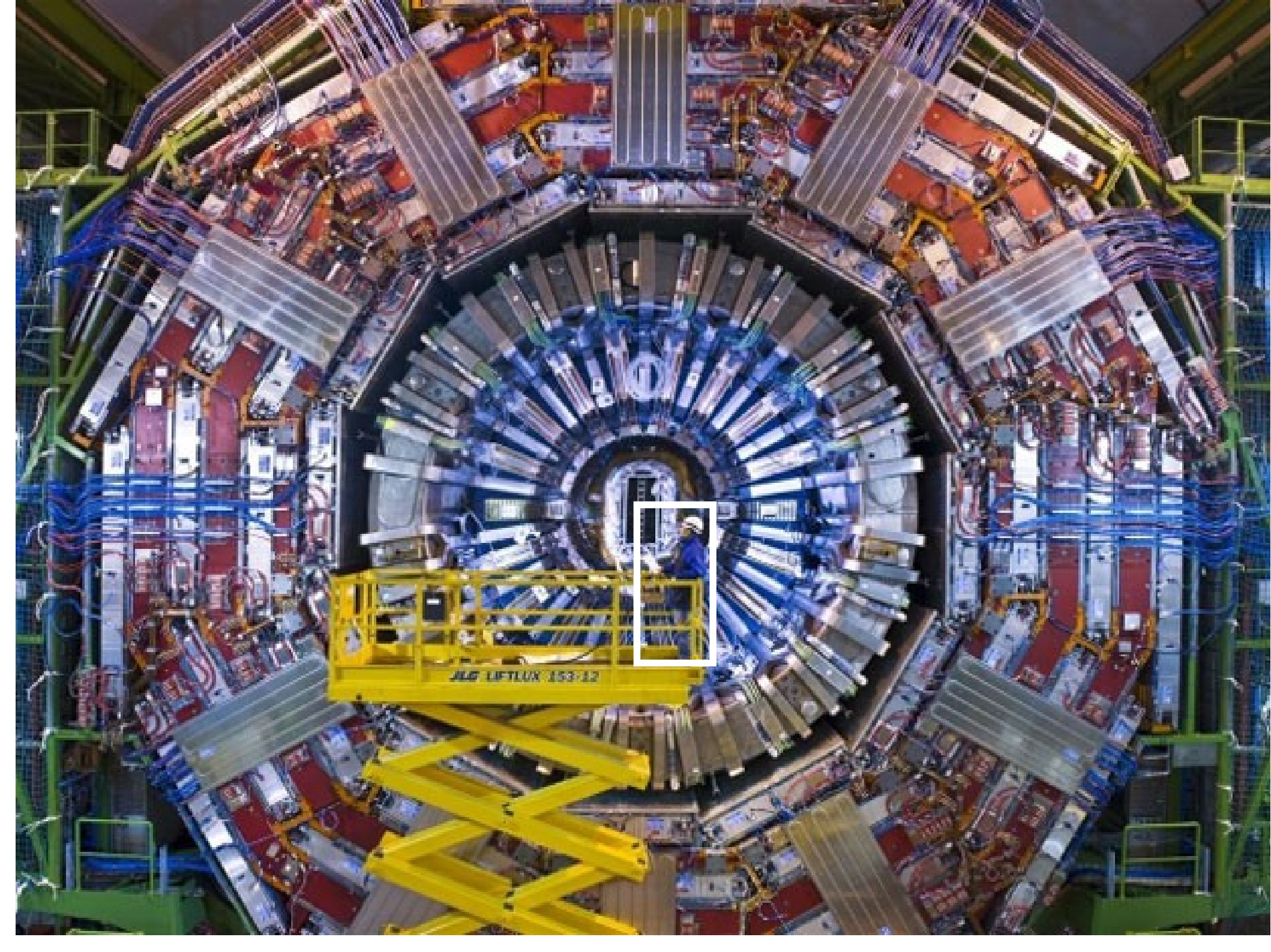
O que é? Para que serve? Como funciona?

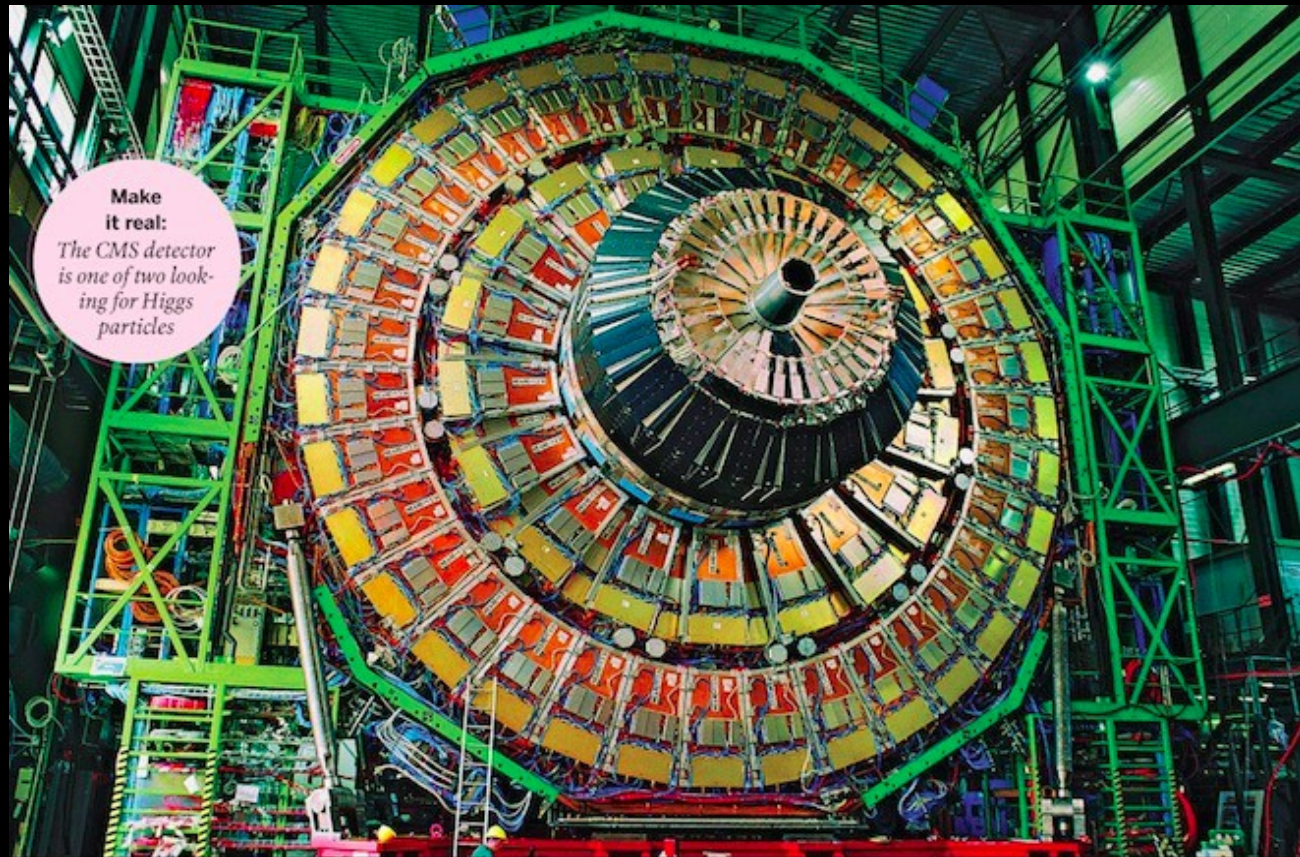
Custo Empreendimento: U\$ 13.25 bilhões











Make it real:
The CMS detector is one of two looking for Higgs particles

Atlas







Com 46 m de comprimento, 25 m de altura e 25 m de largura, e 7000 toneladas.

O experimento Atlas investiga uma ampla gama de física, desde o bóson de Higgs, DETETADO..!, até dimensões extras e partículas que poderiam compor a matéria escura

crédito: CERN

The biggest science project in the history of the world

The Large Hadron Collider is the biggest, most powerful accelerator ever built. It took thousands of people, working for more than a decade, to find the Higgs. Canadian scientists—150 of them—are on the ATLAS team.

1954	1957	1983	1995	2008	2012
<i>CERN is established in Geneva as a centre for world-class physics research</i>	<i>CERN's first accelerator, the 600-MeV Synchrocyclotron, begins operation</i>	<i>Researchers discover the W and Z boson particles, earning a Nobel Prize</i>	<i>Antihydrogen is created, the first time antimatter particles are made into atoms</i>	<i>The Large Hadron Collider, also known as the "Big Bang Machine," starts up</i>	<i>CERN discovers a new particle consistent with the Higgs boson—the "God particle"</i>
					

A Teoria do Big Bang e o Modelo Padrão

Entre os principais objetivos do LHC:

1- Tentar explicar a origem da massa das partículas elementares, envolvendo a partícula **Bóson de Higgs** (partícula de Deus), última peça que faltava ser detectada experimentalmente do Modelo Padrão.

O que foi efetivamente observado em 2013

2- Estudar a questão da simetria matéria-antimatéria

3- Conhecer a história do nosso Universo, os instantes iniciais de sua evolução.

O **Modelo Padrão de Partículas Elementares**, que envolve o conhecimento destas partículas, explica também a física presente em nosso dia-a-dia, por ex:

1- Forças eletromagnéticas que tornam as paredes sólidas o bastante para não atravessarmos; ou que mantêm nosso corpo como uma unidade

2- Forças nucleares que formam elementos pesados como o aço a partir da fusão no interior das estrelas

3- Dá conta tanto de ondas eletromagnéticas como as de rádio, que tornam nossas telecomunicações possíveis

4- Raios gama que podem causar graves danos em nosso DNA.

5- Qualquer dispositivo que temos hoje, um **chip**, só pode ser feito pq compreendemos muito bem o **comportamento do elétron**, que está no Modelo Padrão.

No Brasil, temos uma novidade ultra recente (11/2019)

...o Sírius

- 518 metros de circunferência e 68 mil m² e está no limite da tecnologia mundial
- R\$ 1,8 bilhão, que só pode ser comparado ao MAX-IV, da Suécia



Elétrons dão 600.000 voltas em 1 segundo no acelerador de 518 metros

Sírius permitirá que centenas de **pesquisas acadêmicas e industriais** sejam realizadas anualmente, contribuindo para a solução de grandes desafios científicos e tecnológicos, como **novos medicamentos e tratamentos para doenças, novos fertilizantes, espécies vegetais mais resistentes e adaptáveis e novas tecnologias para agricultura, fontes renováveis de energia.**

Sírius

Acelera feixes de **elétrons** de forma tão rápida que formam linhas de luzes que funcionam como um poderosíssimo raio-X, capaz de analisar rapidamente a estrutura interna de materiais orgânicos inorgânicos e um zoom único, de até 500 vezes.



Tem-se a disposição dos pesquisadores uma ferramenta 4D de alto nível, a forma mais moderna hoje de estudar em detalhes e de modo menos invasivo, exemplo, **vírus (como o novo coronavírus)**, proteínas, plantas, etc. Fortes impactos sociais.



Saúde

Entendimento maior sobre vírus, bactéria, proteínas e unidades intracelulares complexas de organismos, etapa vital na fabricação de novos medicamentos e no combate a câncer, Alzheimer e Parkinson, por exemplo. O cérebro poderá ser analisado de acordo com os estímulos que recebe.

Agricultura

Análises de solo e desenvolvimento de fertilizantes mais eficientes e baratos, além de menos nocivos ao meio ambiente e à saúde. Mapear localização de nutrientes em vegetais para gerar plantas que precisam de menos água e resistentes a pragas.

Energia

Criação de novas tecnologias de exploração de petróleo e gás natural e desenvolvimento de novos materiais, mais leves e eficientes, nos campos das energias solares, células combustíveis e baterias.

Tecnologia

Análises das nanopartículas podem levar a uma bateria para celular que, quando carregada apenas uma vez, dure cinco anos.

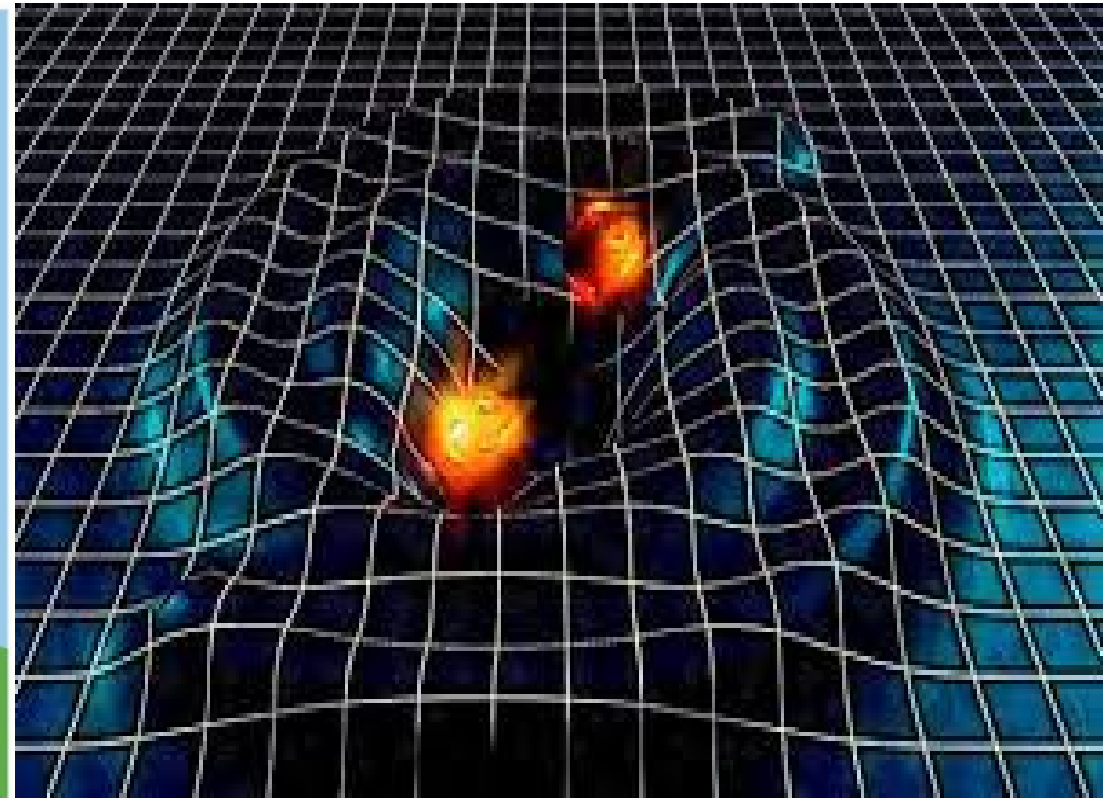
O estudo da física de partículas permitiu a elaboração do **Modelo Padrão** e é o melhor que temos até o momento, para explicar a matéria, energia e forças que atuam no Universo.

Mas não explica tudo....

Não explica, por exemplo, a Gravidade !!!!

O que é Gravidade ?

Gravidade?



A diagram showing two masses, m_1 (blue sphere) and m_2 (green sphere), separated by a distance r . Force vectors F_1 and F_2 point towards each other. Below the diagram is the equation:

$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Na Relatividade é interpretada como sendo “deformação do espaço-tempo” ...um efeito geométrico!

O papel da Gravidade e a Estrutura em Grande Escala do Universo

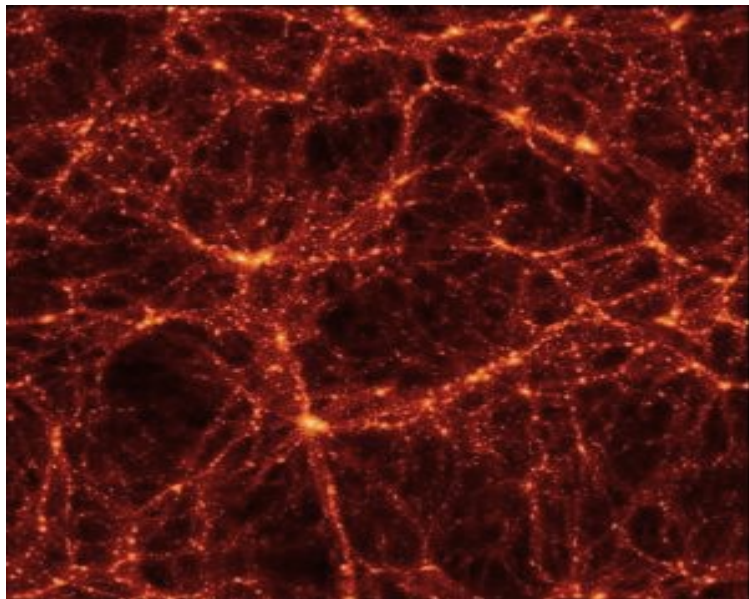
Gravidade é a força fundamental que governa a estrutura inteira do Universo. Governa, portanto, a evolução do Universo...

Exemplos da atuação da gravidade em diferentes escalas de dimensão:

- Terra e outros planetas orbitam o Sol devido a gravidade
- O Sol, uma das centenas de bilhões de estrelas que se encontra no disco da Via-Láctea, e que orbita a Galáxia, está “ligado” as outras bilhões de estrelas pela gravidade.
- A Via-Láctea é uma das centenas de bilhões de galáxias que se encontra em um grupo (~ 30), graças ou devido a gravidade

A distribuição de galáxias, da matéria no Universo, não é homogênea em regiões com dimensões inferiores a **um bilhão de anos-luz***.

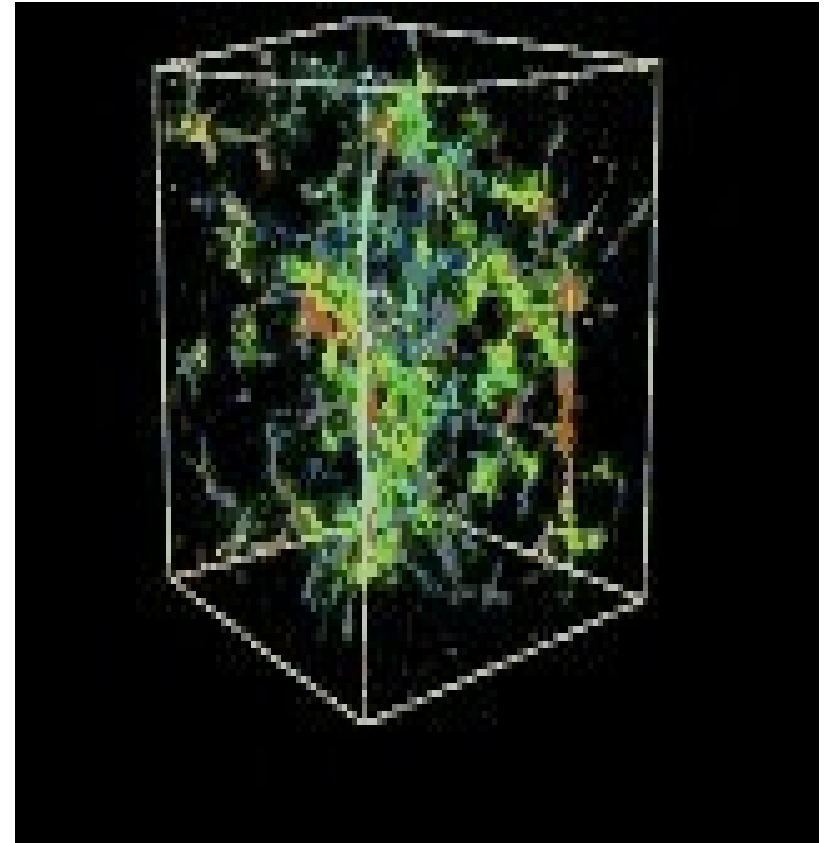
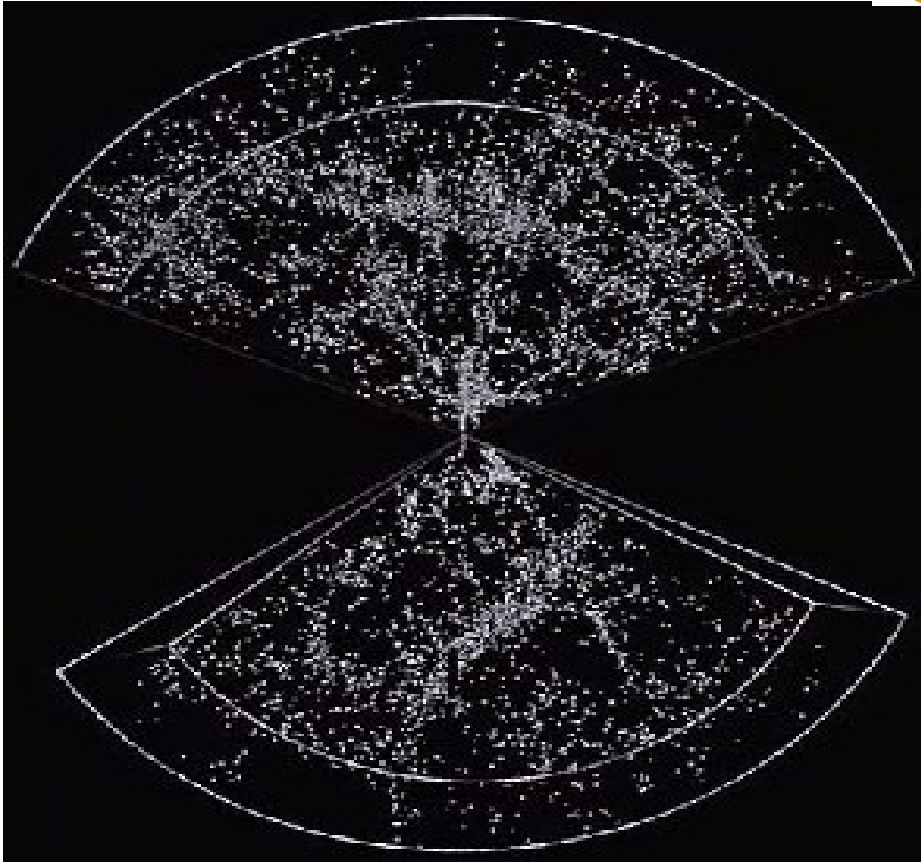
Observações de galáxias a partir desta escala mostra que a matéria se distribui em forma de filamentos e muros, havendo entre estas estruturas grandes vazios.



Simulação: Os pontos mais luminosos nos filamentos correspondem aos halos das galáxias gigantes. Na intersecção dos filamentos vemos a formação dos aglomerados de galáxias.

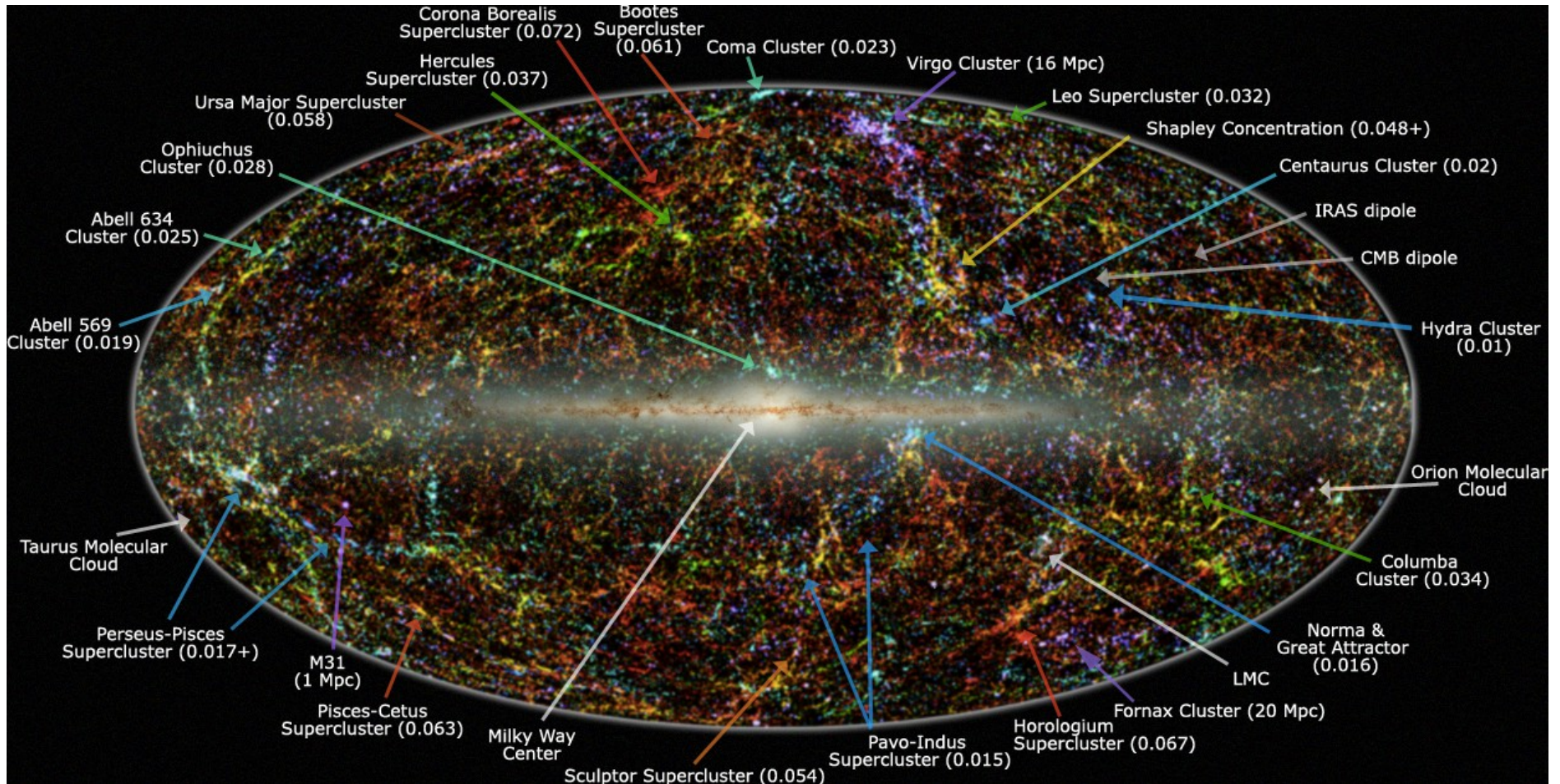
A dimensão destes filamentos é da ordem de centenas de **milhões de anos-luz**, formados por grupos, aglomerados e superaglomerados de galáxias, compartilhando com espaços vazios da mesma ordem de grandeza. Esta configuração filamentar ocorre **devido a gravidade**.

***1 ano luz (1 al) = distância que a luz percorre no vácuo em 1 ano
~ 10 trilhões de Km**



Observação: Distribuição de galáxias.

Cada ponto nesta figura representa uma das 9325 galáxias, na direção do pólos sul e norte da nossa galáxia.



Vista panorâmica de todo o céu no infravermelho próximo revela a distribuição de galáxias além da Via Láctea. A imagem foi obtida do catálogo 2MASS, com mais de 1,5 milhões de galáxias

Hierarquização das Estruturas do Universo

JOURNEY INTO THE UNIVERSE THROUGH TIME AND SPACE

"My suspicion is that the universe is not only queerer than we suppose, but queerer than we can suppose." J.B.S. HALDANE

WHEN PRIMITIVE MAN gazed at the void of heaven, his eye discerned at most a few thousand stars—a serene and limited universe. But now, far beyond the range of feeble sight, out on the limitless curve of space and time, science has revealed a universe of unimaginable size and inconceivable violence. Billions upon billions of stars—like our sun—burn with the energy of a thermonuclear furnace. Many die in explosions that litter the reaches of space with gas and dust from which new stars and planets are born.

And from the vastness beyond the congregations of stars comes the murmur, in microwaves, of the most cataclysmic event of all—the big bang of creation.

When time began—perhaps as long as twenty billion years ago—all mass and energy were compressed almost to infinite density and heated to trillions upon trillions of degrees. A cosmic expansion rent that featureless mass, creating a rapidly expanding fireball. It has been cooling and slowing ever since.

At first the universe was an impenetrable haze. During the first million years, temperatures dropped to 3000 kelvins (3000 degrees above absolute zero). Nuclei captured electrons, producing atoms that formed an unscattered gas of hydrogen and some helium. The universe cleared and everywhere blazed with light. Denser regions of gas, pulled together by their own gravity, resolved into stars collected in aggregations called galaxies. Today's universe continues to expand. The early radiation, cooled by the expansion to 3K, can be detected in every direction by radio telescopes—the remnant echo of the big bang.

But what came before the big bang, and how will it all end? Billions of years hence, will gravity overcome the expansion and pull all matter back into its primordial state—in a big crunch? And if the universe is closed, might another big bang follow, with another expansion? Or, as many astronomers now believe, will an ever expanding, or open, universe end in a whimper, its galaxies scattered irrevocably, their star fires spent and cold? For now, the questions are the domain of the philosopher as well as the astronomer.

Produced by the Cartographic Division
National Geographic Society
GILBERT M. GROVERMAN, PRESIDENT
NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE
MURRAY L. GARDNER, EDITOR

JOHN CARLSON, JR., DEPT. OF ASTRONOMY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN J. HULL, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JAMES W. MOSELEY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
DANIEL J. BOYD, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN F. COOK, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN G. HARRIS, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN J. KOPPEL, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN L. LADD, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN M. MCELROY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN N. MOSELEY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN R. PETERSON, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN S. TATENO, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
JOHN W. WATSON, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

4. LOCAL GROUP

Beyond the Milky Way we have located galaxies in every direction. Our own is part of a loosely bound cluster of some 20 galaxies, called provisionally the Local Group. Galaxies are to astronomy what atoms are to physics; astronomer Allan Sandage has said, and this group illustrates the variations. The Milky Way, its sister Andromeda (M31), and the smaller M32 are fast-repeaters. Hundreds of star clusters and dust clouds lie within the Andromeda galaxy, itself once mistakenly identified as a nebula, or cloud, in the Milky Way galaxy. NGC 209 is an elliptical galaxy, containing mainly of old stars. The Large and Small Magellanic Clouds are irregular galaxies identified as haze in the southern sky by Magellan's crew in 1520. These member galaxies, all moving in random paths, are held together by gravity, even as the universe expands.

6. KNOWN UNIVERSE

In whatever direction we look into deep space, we can detect clusters of galaxies and superclusters, all moving away from us. Toward the observable horizon, we see quasars—quasi-stellar objects—and the uniform glow of radiation from the big bang. There is no center; any observer anywhere would see this same effect. The universe is isotropic; that is, it looks the same in every direction.

Quasars, the most distant objects yet observed, are among the most curious and the most energetic. Each of the brightest quasars emits the energy of hundreds of galaxies from a volume far smaller than our Milky Way; each is probably the violent nucleus of a distant galaxy. The farthest quasars are rushing away from us at more than 90 percent the speed of light. Their light traveled billions of years to reach us. During that time they evolved, and what they are like today we have no way of knowing. To look at such objects is to see the universe as it was billions of years ago.

- Superclusters
- Clusters of Galaxies
- + Quasars

Cylinders II through VI, with grids measured in light-years, show the approximate positions of objects. The grids help calculate the distance of distant objects from an assumed center. Distances are shown in light-years. The arrows indicate the relative positions of objects within the cylinders. The arrows represent a projection on a flat disk with a radius of 20 billion light-years.

Letters and numbers refer to catalog listings, such as A 214 in the *NGC* catalog of rich clusters, M 64 in Messier, and NGC 50 for *New General Catalog*.

3. MILKY WAY GALAXY

Our galaxy was thought to be the only one until discoveries in the 1920s. We know it is only one of billions of similar congregations of billions of stars. The Milky Way galaxy is a vast, flat, spiral-shaped system of stars. Globular clusters are the galaxy's oldest stars—up to 10 to 15 billion years old. Gas and dust remaining in the spiral arms are forming new stars in one place after another. The galaxy center is a dense, bright region, traveling at 200 million years, traveling at 200 million years, traveling at 200 million years. New evidence suggests that the galaxy is enveloped by a large halo of hot, ionized gas, and dark, unseen matter.

5. SUN AND NEAR PLANETS

A vast cloud of gas and dust collapses some 4.5 billion years ago. Compression spawns a star in the hub of the rotating, disk-shaped star, and our sun's thermonuclear furnace ignites up. Various materials condense from the cooling disk, collide, and coalesce to form the planets and other features of our solar system. The three terrestrial, or earthlike, planets shown here are solid spheres with metallic cores. Earth and Venus possess atmospheres, but only earth's sustains life. When our middle-aged sun exhausts its hydrogen fuel, it will expand, devouring Mercury and Venus and turning the earth into a scorching inferno.

5. LOCAL SUPERCLUSTER

Clusters of galaxies—like fleets of ships—congregate in superclusters, the largest of celestial formations. Virgo, the closest rich cluster to our Local Group, is some 50 million light-years away, near the center of our local supercluster. It is considered rich because it has thousands of member galaxies.

Existing new observations of superclusters have shown enormous volumes of relatively empty space, or voids, between superclusters. Some cosmologists speculate that the universe resembles a sponge in which the superclusters are interconnected, resembling thin filaments stretching between giant voids.

Astronomers calculate the masses of rich clusters as one way to estimate the density of matter in the universe. If that density is at or below a critical number, matter will fly apart forever in the expansion initiated by the big bang. If the density is greater, gravitational braking will slow the motion until the universe falls back together.

- Clusters of Galaxies
- Superclusters

2. SUN'S NEIGHBORS

The sun is in universal terms an ordinary yellow star, shown here with its 20 closest neighbors. Distances are given in light-years—the how far light travels in one year at almost 300,000 kilometers (186,000 miles) a second.

Sunlight, for instance, takes a full 8 minutes to cross the 150 million km to our windows. That same light travels 5 more hours before reaching the planet Pluto. After about 4 years 4 months it touches Alpha Centauri, our nearest stellar neighbor, 4.3 light-years, or 40 trillion km, away.

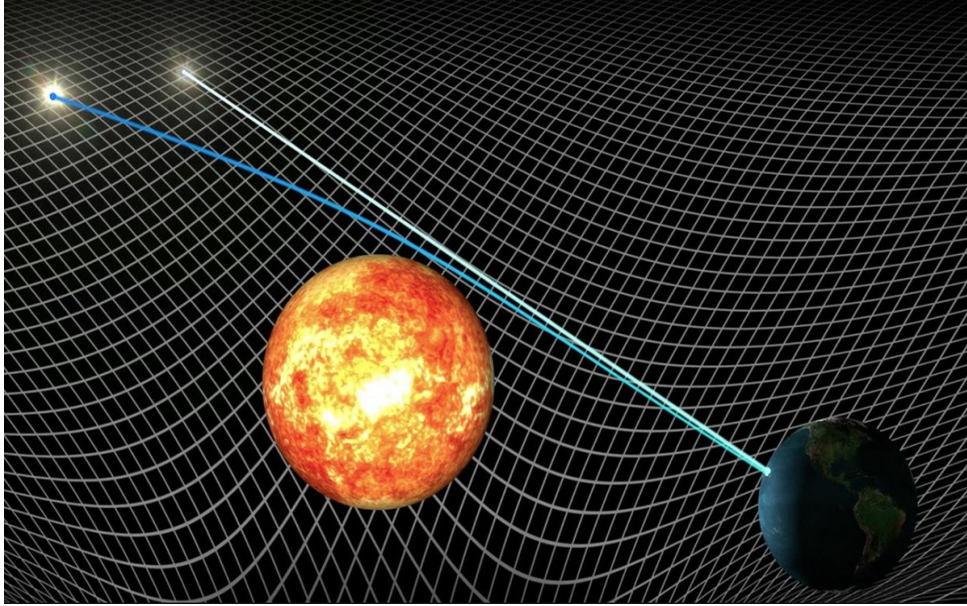
Alpha Centauri is actually a multiple system with three stars locked by gravity in orbit around each other. Indeed many stars are binary or multiple. Single stars, though, seem more likely to have planetary systems like our own. The *Spitzer* Telescope to be orbited soon would detect any Jupiter-size planet associated with Barnard's star, almost 6 light-years away.

APPARENT MAGNITUDE

- 26.8 is the faintest visible to the unaided eye
- 0.0 to +10 visible with binoculars or small telescopes
- +10 to +15 need are visible with 20-cm (8-in) telescopes
- Colors of stars indicate their temperatures. Pure red to blue-white the hottest.

Previsões da Teoria da Relatividade

Eclipse Sobral



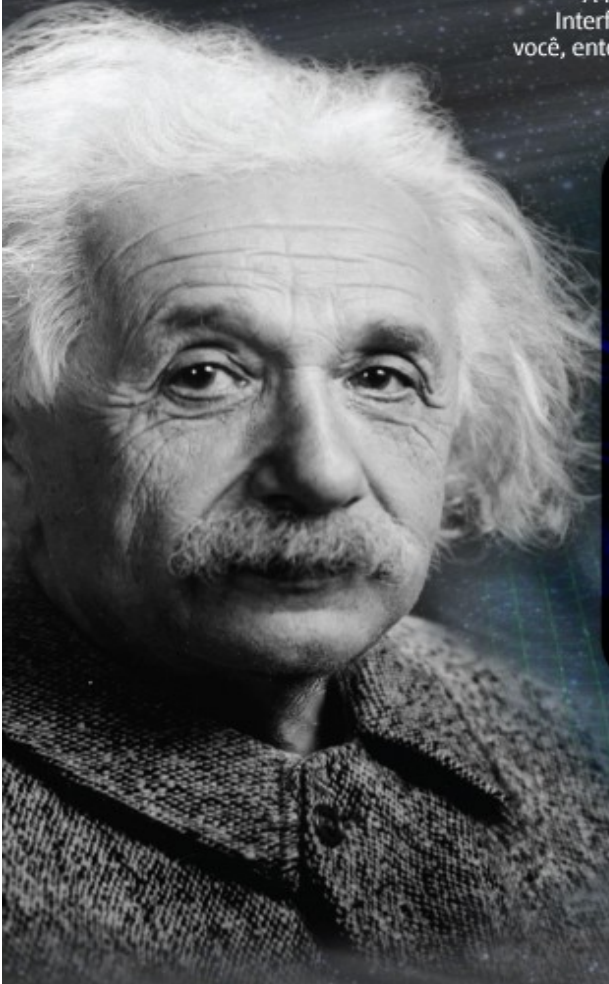
Maio/1919



Previstas a 100 anos atrás por Einstein na Teoria da Relatividade Geral

AS ONDAS GRAVITACIONAIS DE EINSTEIN

A notícia de que os cientistas do LIGO (sigla inglesa para Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro de Laser) detectaram pela primeira vez as ondas gravitacionais rodou o mundo. Mas e você, entendeu mesmo a descoberta e a teoria de Einstein, que já falava disso em 1916? Metro te ajuda a ficar por dentro do evento que, claro, se tornou um marco milenar na história da física



Einstein afirmou na Teoria da Relatividade Geral que todos os corpos do universo emitem ondas gravitacionais, alterando o espaço-tempo. No caso de grandes eventos, como a fusão de dois buracos negros, essas ondas se espalham e se deformam através do conjunto de quatro dimensões, formado por tempo e espaço tridimensional. Para dar um exemplo cotidiano, é como se jogássemos uma pedra em uma poça d'água.




As ondas são o produto de uma colisão entre dois buracos negros de massas 30 vezes maiores do que o Sol, localizados a 1,3 bilhões de anos-luz da Terra.

É IMPORTANTE QUE A EXISTÊNCIA DESSAS ONDAS TENHA SIDO CONFIRMADA, POIS NOS PERMITE ENTENDER O UNIVERSO COM UM NOVO SENTIDO "SENSORIAL". AGORA OS CIENTISTAS PODERÃO OLHAR OS OBJETOS COM AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E ESCUTÁ-LOS COM AS GRAVITACIONAIS.

Essas ondas se movem na velocidade da luz.

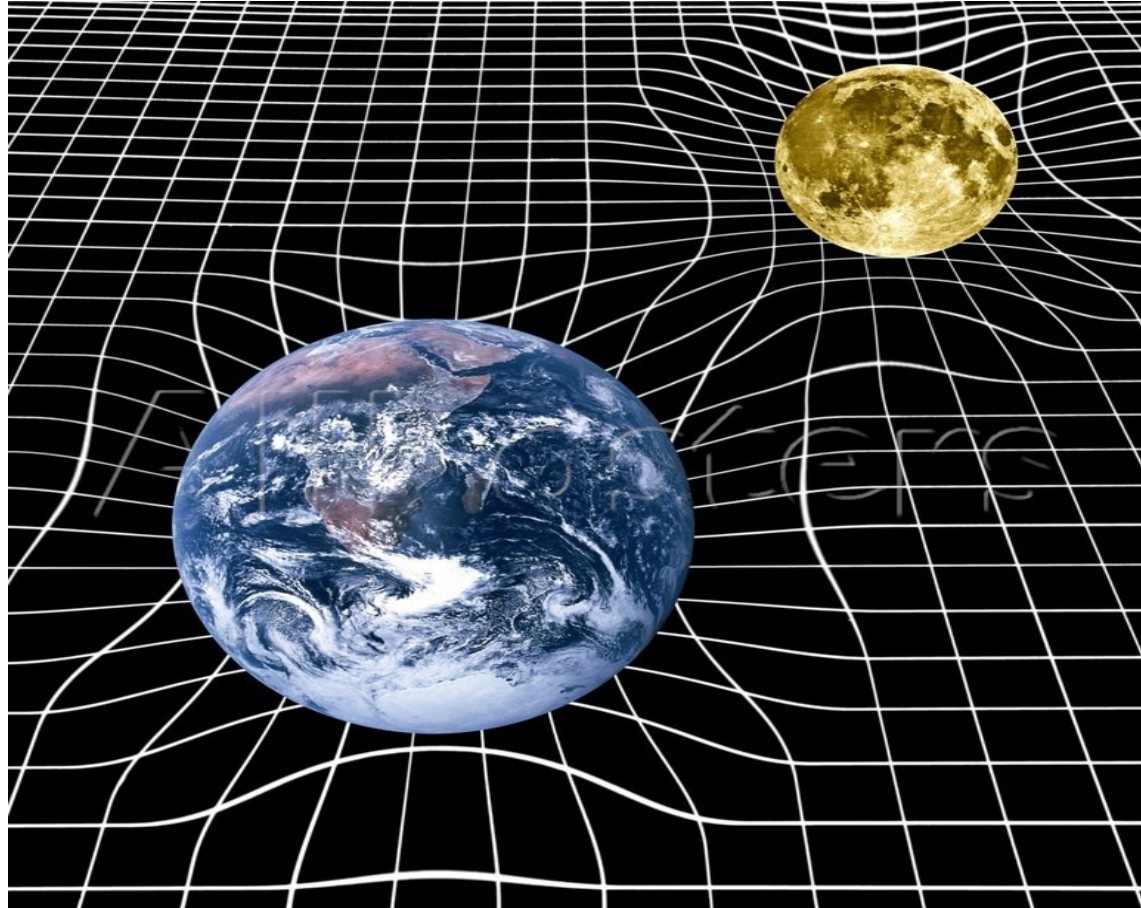
Assim como a luz, a gravidade se move em ondas e é o próprio espaço que está se distorcendo.

Da Terra, as ondas nunca foram percebidas porque esses eventos acontecem muito longe, o que faz com que elas cheguem aqui, segundo Einstein, muito fracas.



FONTES: NASA, CALTECH, MIT, GETTY

Vamos lembrar que na Teoria da Relatividade Geral, gravidade é interpretada como sendo “deformação do espaço-tempo”...um efeito geométrico!



Perturbações, distorções no espaço-tempo

As ondas gravitacionais são ondulações na curvatura do espaço-tempo que se propagam como ondas, viajando para o exterior a partir da fonte.

Elas são incrivelmente rápidas e viajam à velocidade da luz

Ganharam o Prêmio Nobel de Física de 2017 por seu trabalho no LIGO, o detector de ondas gravitacionais.



Barry C. Barish (Caltech)



Kip S. Thorne (Caltech)

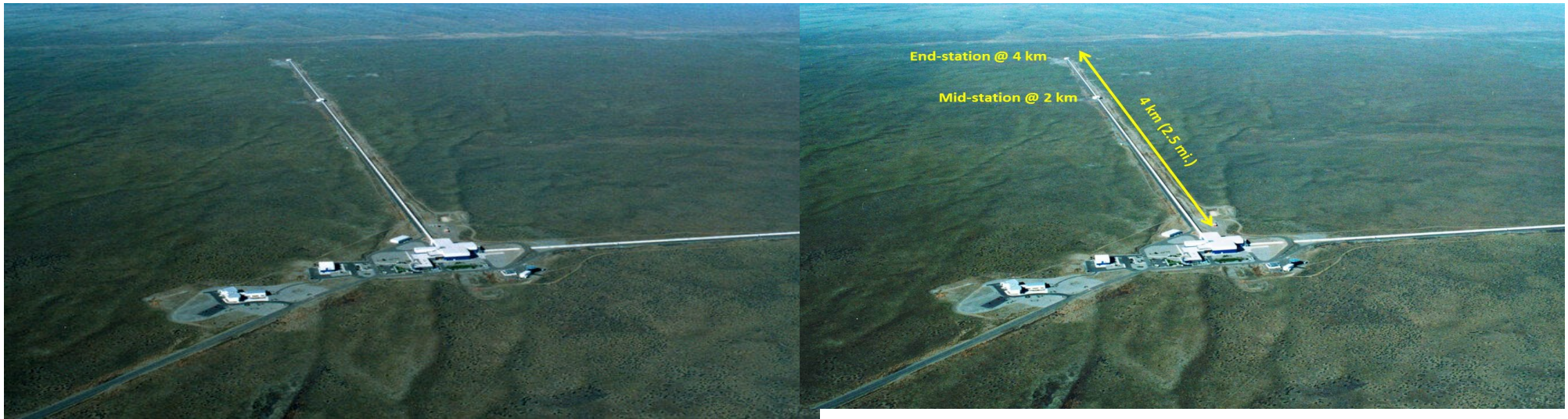


Rainer Weiss (MIT)

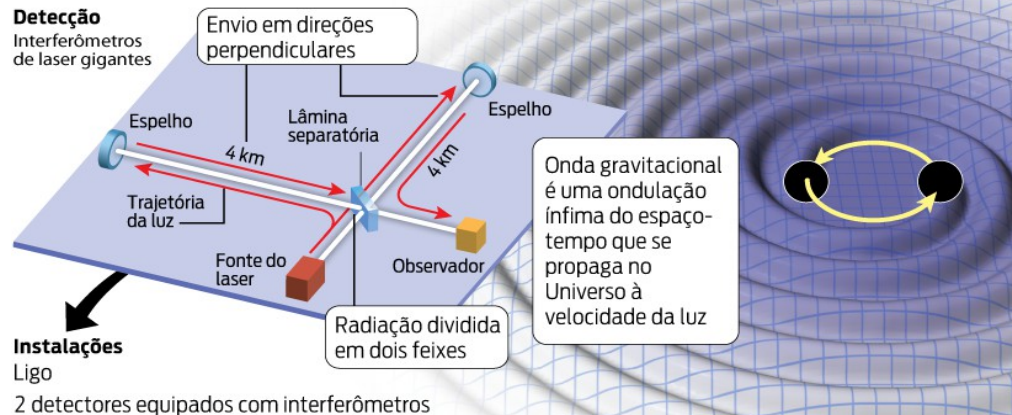


2017 Nobel Prize in Physics

LIGO: o maior detector de ondas gravitacionais do mundo....



Ondas detectadas em 14 de set. às 14:51h (Bras.)
 Origem: fusão de 2 buracos negros há 1,3 bilhões de anos



Instalações
Ligo

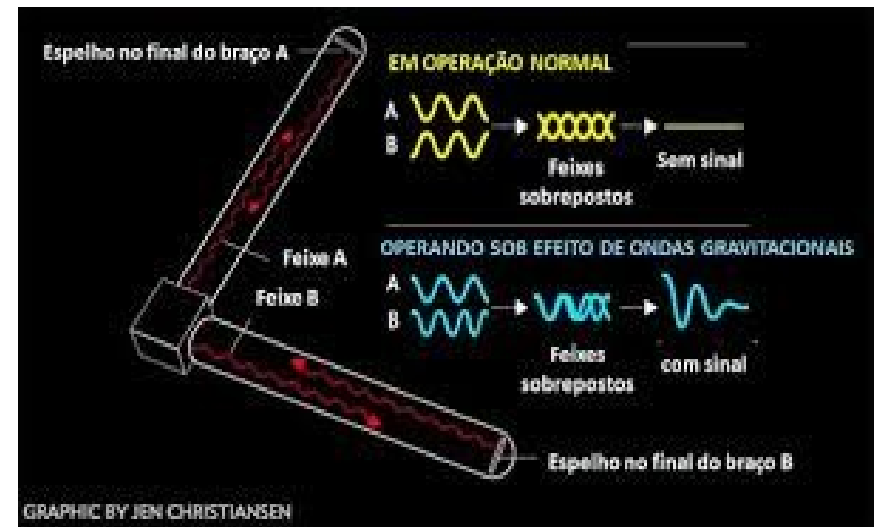
2 detectores equipados com interferômetros



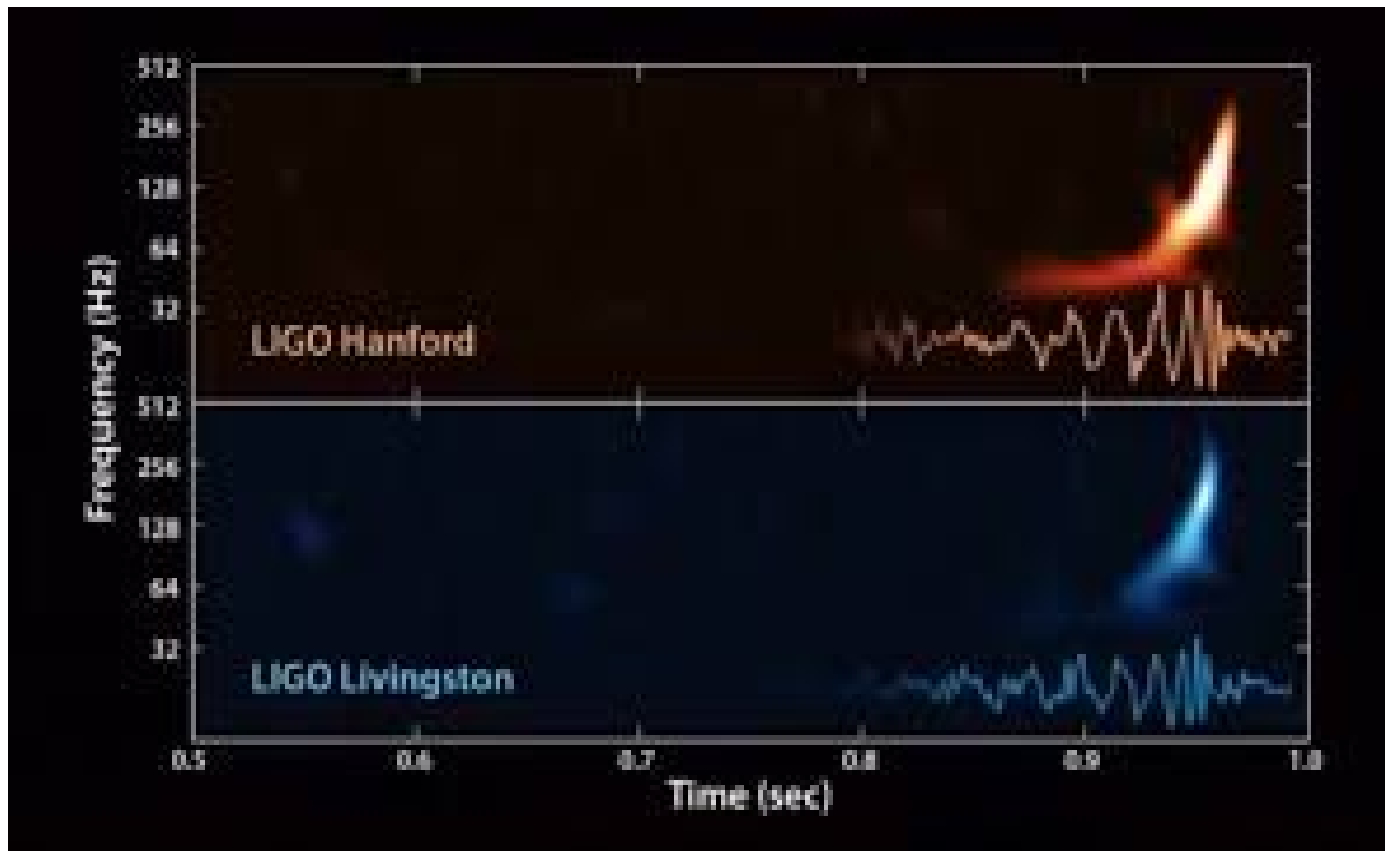
Albert Einstein
 As ondas foram apresentadas de forma conceitual há 100 anos pelo famoso físico como uma consequência de sua Teoria Geral da Relatividade



Conseguir detectá-las torna possível remontar o primeiro milissegundo do Big Bang

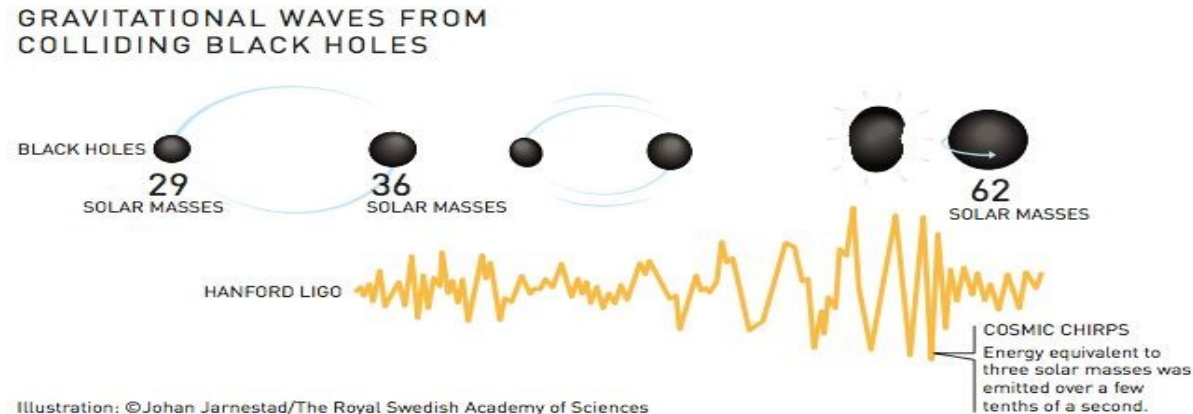


A detecção...



“Dados indicam que o evento ocorreu a uma distância aproximada de 1,3 bilhões de anos-luz da Terra (um ano-luz é a distancia que a luz percorre em um ano, com a velocidade de 300 mil km/s).”

A interpretação...



O sinal registrado indica que houve uma fusão de 2 buracos negros, resultando em um novo buraco negro com 62 vezes a massa do Sol, com as três massas solares faltantes convertidas em uma fração de segundo na energia que alimentou a emissão das ondas gravitacionais, num total que, neste breve período de tempo, ultrapassou em 50 vezes a energia liberada por todas as estrelas do Universo juntas.

Consequencia: durante uma fração de segundo, elas esticaram e espremeram o espaço-tempo no nosso planeta em apenas uma parte em um sextilhão, no equivalente à largura de um simples núcleo atômico. E essa variação tão pequena só pôde ser detectada graças à incrível sensibilidade do LIGO.

A previsão da TRG...

“De acordo com a relatividade geral, um **par de buracos negros** orbitando entre si perde energia através da emissão de ondas gravitacionais, fazendo-os se aproximarem gradativamente **ao longo de bilhões de anos** e bem mais rápido nos minutos finais.

Durante a fração final de segundo, os buracos negros colidem um contra o outro com velocidade aproximadamente igual à metade da velocidade da luz e formam um buraco negro mais massivo, convertendo em energia uma porção da massa total do par, de acordo com a fórmula de Einstein $E=mc^2$ ”

No caso do sistema descoberto, cerca de três vezes a massa do Sol foram convertidas, de forma explosiva, em energia na forma de ondas gravitacionais.

Foram estas ondas gravitacionais que o LIGO observou

Projeto Event Horizon Telescope (EHT)

..... a montagem da primeira imagem real obtida de um buraco negro (BH) – 10/04 2019

Event Horizon Telescope (EHT)

A Global Network of Radio Telescopes

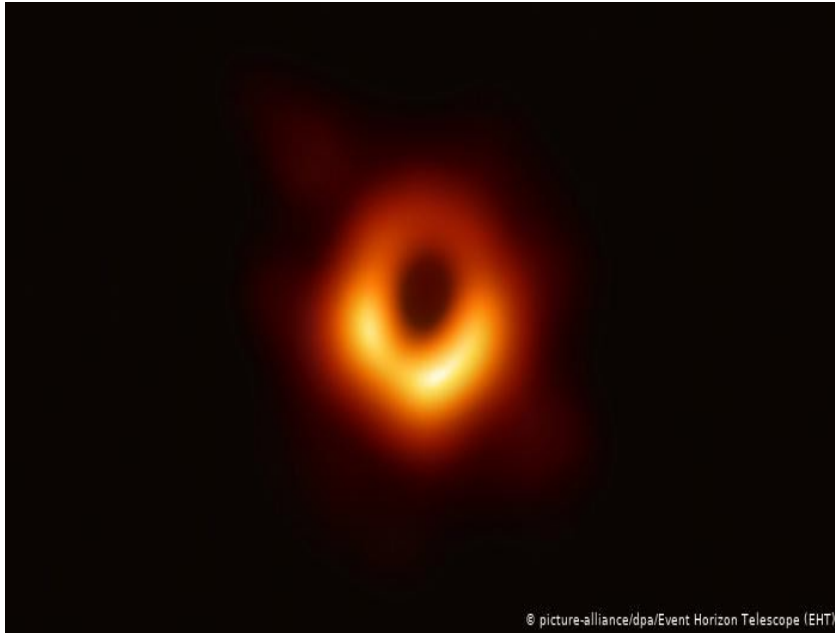
2018 Observatories

- ALMA** Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE
- APEX** Atacama Pathfinder EXperiment
CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE
- 30-M** IRAM 30-M Telescope
PICO VELETA, SPAIN
- JCMT** James Clerk Maxwell Telescope
MAUNAKEA, HAWAII
- LMT** Large Millimeter Telescope
SIERRA NEGRA, MEXICO
- SMA** Submillimeter Array
MAUNAKEA, HAWAII
- SMT** Submillimeter Telescope
MOUNT GRAHAM, ARIZONA
- SPT** South Pole Telescope
SOUTH POLE STATION
- GLT** The Greenland Telescope
THULE AIR BASE, GREENLAND, DENMARK
- Kitt Peak** Kitt Peak 12-meter Telescope
KITT PEAK, ARIZONA, USA
- NOEMA** NOEMA Observatory
PLATEAU DE BURE, FRANCE

Observing in 2020

Projeto Event Horizon Telescope (EHT)

..... a montagem da primeira imagem real obtida de um buraco negro (BH) – 10/04 2019



O horizonte de eventos de um buraco negro é o ponto sem retorno além do qual qualquer coisa —estrelas, planetas, gás, poeira e todas as formas de radiação eletromagnética

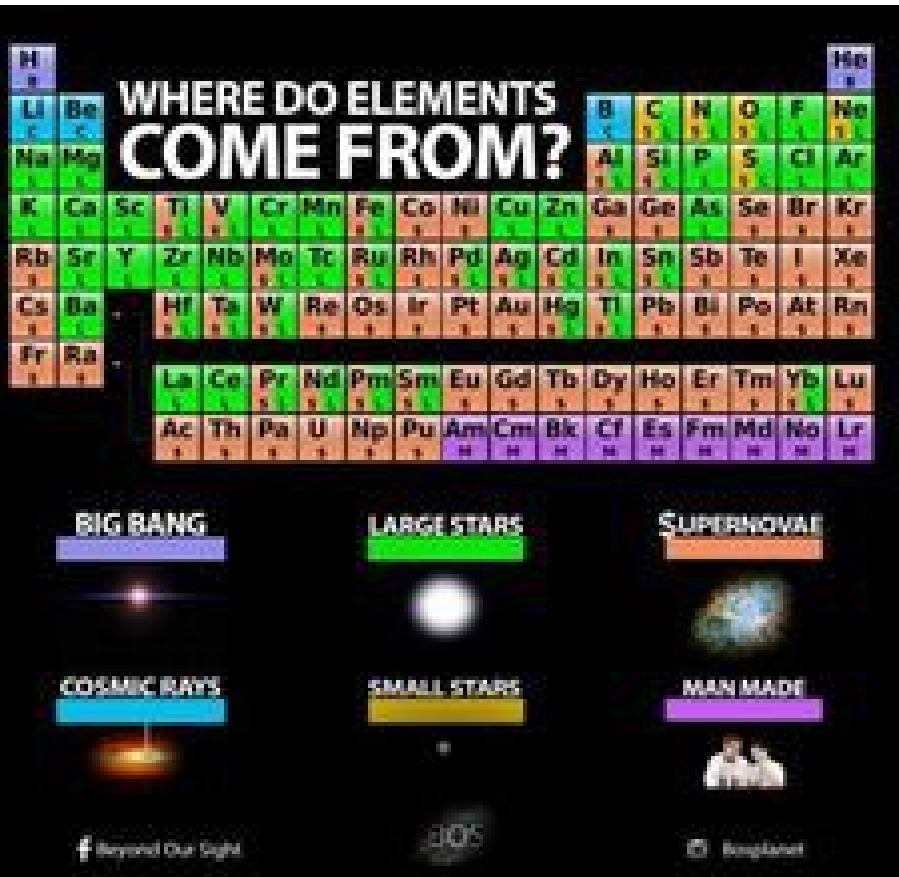
- BH -> Também previsto pela Teoria da Relatividade...

O que é um Buraco Negro?

- Os astrônomos conectaram 8 radiotelescópios em quatro continentes para criar um supertelescópio virtual, cujo diâmetro é do tamanho da Terra, o que permite atingir precisão nos detalhes.

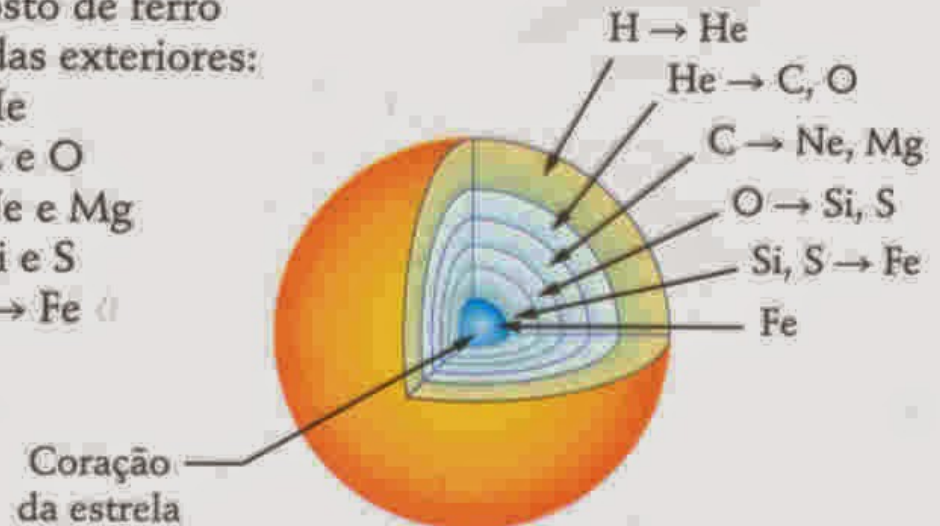
...É como se alguém em Berlim pudesse ler um jornal em Nova York.

Também às custas da Gravidade é possível explicar a origem dos elementos químicos pesados



Fase da supergigante vermelha

- Coração: composto de ferro
- Camadas exteriores:
 - H → He
 - H → C e O
 - C → Ne e Mg
 - O → Si e S
 - Si e S → Fe



Referências Bibliográficas

Chip Brasileiro IF-Poli-USP

<https://jornal.usp.br/tecnologia/comite-internacional-aprova-chip-brasileiro-para-o-acelerador-lhc/>

Chip brasileiro CBPF

<https://portal.cbpf.br/pt-br/ultimas-noticias/dispositivo-desenvolvido-no-cbpf-testara-eletronica-do-detector-lhcb-do-cern>

Aceleradores de Partículas

<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/09/acelerador-de-particulas-ve-sinais-de-fenomenos-que-violam-leis-da-fisica.html>

<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/major-acelerador-de-particulas-do-mundo-passa-por-um-upgrade-o-que-vem-por-ai/>

<https://www.uol.com.br/tilt/reportagens-especiais/sirius-veja-como-e-o-major-acelerador-de-particulas-do-brasil/#page3>

Curiosidades

Além das pesquisas científicas, o LHC foi o local onde se fez o conhecimento e a tecnologia avançarem em muitas frentes. Talvez o mais famoso exemplo disso seja a **criação da World Wide Web (WWW)** em 1989, pelo cientista britânico Tim Berners-Lee a inventou enquanto trabalhava no Cern para compartilhar informações com mais eficiência entre pesquisadores de todo o mundo.



In the offices of this corridor, all the fundamental technologies of the World Wide Web were developed.

WHERE THE WEB WAS BORN

Started in 1990 from a proposal made by Tim Berners-Lee in 1988, the effort was first divided between an office in building 21 of the Computing and Networking Division (CN) and one in building 2 of the Electronics and Computing for Physics Division (ECP).

In 1991 the team came together in these offices, then belonging to ECP. It was composed of two CERN staff members, Tim Berners-Lee (UK) and Robert Cailliau (BE), aided by a number of Fellows, Technical Students, a Cooperator and Summer Students.

At the end of 1994 Tim Berners-Lee left CERN to direct the WWW Consortium (W3C), a world-wide organization devoted to leading the Web to its full potential. The W3C was founded with the help of CERN, the European Commission, the Massachusetts Institute of Technology (MIT), the Institut National pour la Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), and the Advanced Research Projects Agency (ARPA).

In 1995 Tim Berners-Lee and Robert Cailliau received the ACM Software System Award for the World Wide Web. In 2004, Tim Berners-Lee was awarded the first Millennium Technology Prize by the Finnish Technology Award Foundation.

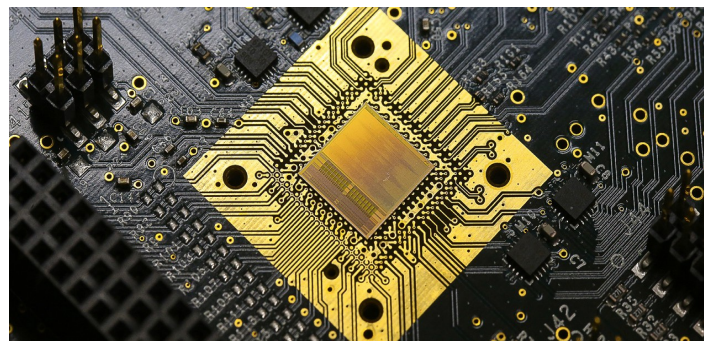
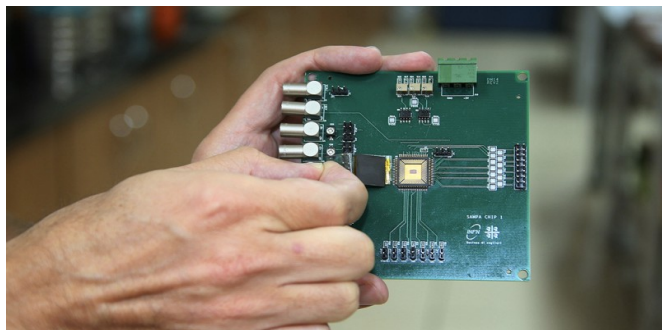
The CERN Library
June 2004

Colaboração do IF-POLI-USP na confecção do Chip no **Alice**

Um grupo do IF-USP, em parceria com a Poli-USP, se envolveu no desenvolvimento de uma **nova eletrônica** para um dos detectores do Alice.

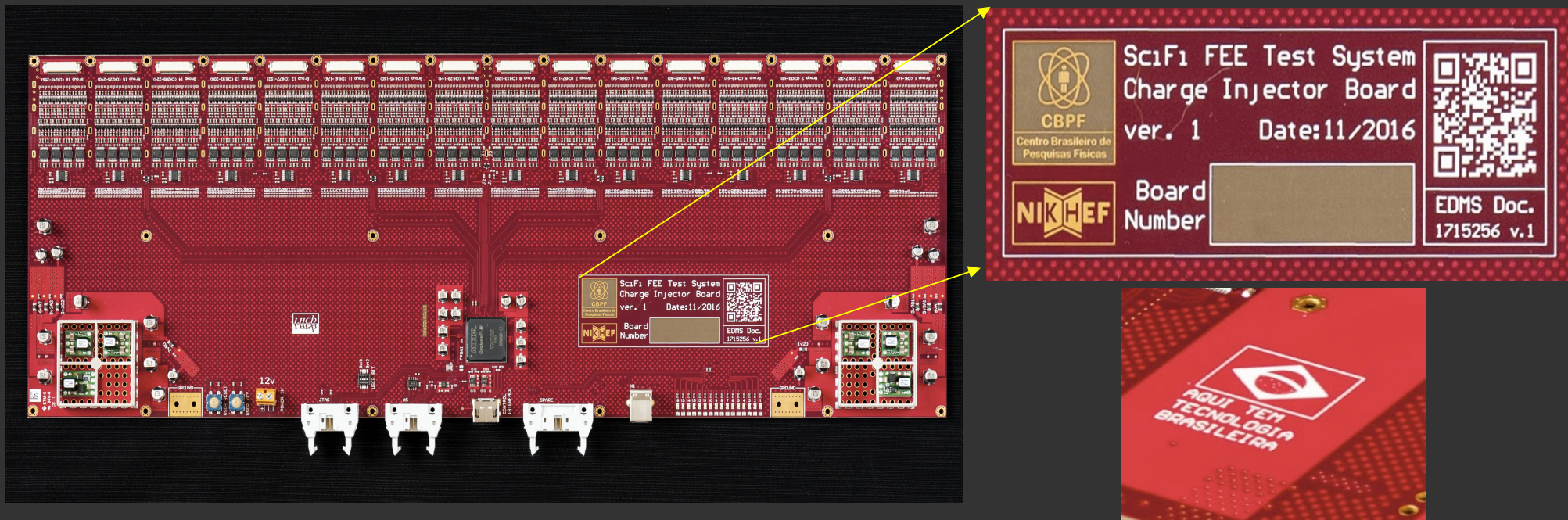
O detector é um cilindro cheio de gás que permite medir a trajetória das partículas formadas nas colisões. Por conta do upgrade do LHC (2021), esse detector não seria capaz de medir uma quantidade muito maior de colisões que seria gerada, então ele sofreu várias modificações, entre elas a eletrônica.

Foi criado um chip que permite coletar uma taxa muito maior de dados. A propriedade intelectual do chip é nossa!,diz Marcelo Munhoz, ao abordar os objetivos do experimento Alice, do LHC, em que atua.



<https://jornal.usp.br/tecnologia/comite-internacional-aprova-chip-brasileiro-para-o-acelerador-lhc/>

Dispositivo desenvolvido no CBPF-RJ para testar a eletrônica de um dos setores do detector LHCb (Crédito: CBPF)



Partículas geradas nas colisões têm suas trajetórias reconstruídas e suas velocidades determinadas