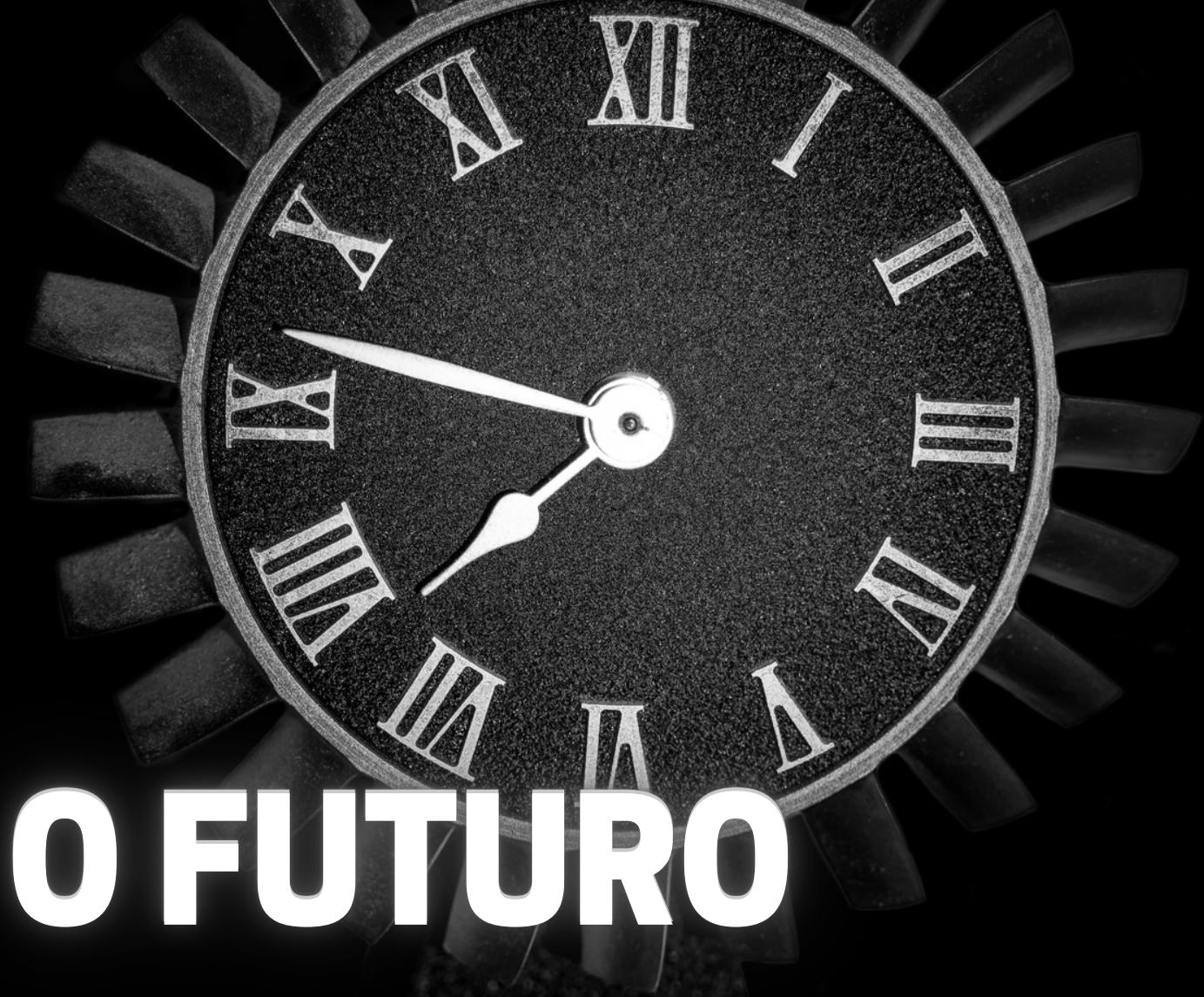


# NEWSTON JORNAL

## História do Universo:



# O FUTURO

**GW170817**

**Aplicações da  
Inteligência Artificial**

**O poder da  
termodinâmica**



**NEWSTON**  
JORNAL

COLEÇÃO IV

20

MARÇO 2024

.....  
**HISTÓRIA DO  
UNIVERSO:  
O FUTURO**  
.....



**DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
E CULTURAL  
PARA A  
COMUNIDADE**

# Sumário

## Fevereiro 2024

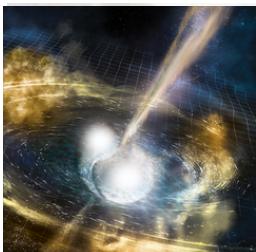
### HISTÓRIA DO UNIVERSO: O FUTURO ..... 5



Neste texto encerramos a Coleção História do Universo discutindo o destino final do cosmos. Apresentamos a previsão do Modelo Padrão da Cosmologia ( $\Lambda$ -CDM) de um universo que se expande eternamente, bem como cenários alternativos que levam a possíveis contrações ou universos cíclicos.

**Autor:** Luiz Felipe Demétrio

### GW170817: A DETECÇÃO QUE REVOLUCIONOU A ASTROFÍSICA ..... 13



O artigo aborda, de maneira específica, a detecção das primeiras ondas gravitacionais em 2015 pelo projeto LIGO, seguido pela detecção multimenteira do evento GW170817 em 2017. Nele, além do tópico de ondas gravitacionais, também discutiremos diversos assuntos relacionados à compreensão do cosmo.

**Autor:** Mayara Hilgert Pacheco

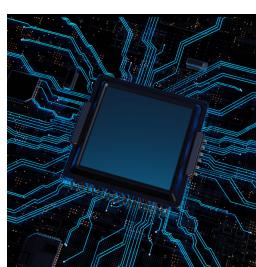
### O PODER DA TERMODINÂMICA: DO DIA-A-DIA AOS BURACOS NEGROS ..... 18



A termodinâmica é uma ferramenta poderosa que se destaca com sua habilidade única de simplificar problemas. Com poucos princípios e quatro leis, ela pode descrever sistemas complexos como gases e até mesmo buracos negros.

**Autor:** Arthur Souza

### INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: QUAIS SÃO SUAS APLICAÇÕES PRÁTICAS? ..... 24



A inteligência artificial está cada vez mais presente no nosso dia-a-dia e nos assustando cada vez mais com suas capacidades. Mas afinal, onde podemos utilizar a IA e como ela nos auxilia nos diferentes contextos da nossa vida cotidiana?

**Autor:** Vítor Hugo Ribeiro



JORNAL  
NEWSTON

ACESSE AS EDIÇÕES  
ANTERIORES

[www.newston.com.br](http://www.newston.com.br)

FALE CONOSCO POR  
NOSSAS REDES  
SOCIAIS



@NEWSTONJORNAL

newston@uem.br



# **EQUIPE**

## **COLABORADORES DO JORNAL**

### **Newston Jornal - Ed. 20**

#### **Fevereiro 2022**

- **Breno Ferraz de Oliveira** ([breno@dfi.uem.br](mailto:breno@dfi.uem.br))
  - Orientador - Professor DFI/UEM
- **Fernando Carlos Messias Freire** ([fcmfreire@uem.br](mailto:fcmfreire@uem.br))
  - Orientador - Professor DFI/UEM
- **Alexandre Alabora** ([alexandre.alabora@gmail.com](mailto:alexandre.alabora@gmail.com))
  - Editor - Bacharel em Física/UEM
- **Vítor Hugo Ribeiro** ([vitorhibeiro@gmail.com](mailto:vitorhibeiro@gmail.com))
  - Redator/Editor/Design da Edição - Mestre em Física/UNICAMP
- **Luiz Felipe Demétrio** ([demetrio.luizfelipe.fis@gmail.com](mailto:demetrio.luizfelipe.fis@gmail.com))
  - Redator/Revisor - Mestrando em Física/UEL
- **Mayara Hilgert Pacheco** ([mayarahilgert2@gmail.com](mailto:mayarahilgert2@gmail.com))
  - Redatora - Mestra em Física/UEM
- **Arthur Souza** ([arthur.souza.molina@gmail.com](mailto:arthur.souza.molina@gmail.com))
  - Redator - Mestrando em Física/UEL
- **Sanderson Carlos Ribeiro** ([San.Car.Oficial@gmail.com](mailto:San.Car.Oficial@gmail.com))
  - Revisor/Cartunista - Mestrando em Física/UEL
- **Andrey Karvat** ([andrey.karvat123@hotmail.com](mailto:andrey.karvat123@hotmail.com))
  - Webdesign - Física/UEM

## História do Universo: O Futuro

Olá caro leitor do Newston! Hoje finalmente chegamos ao fim da coleção "História do Universo", depois de mais de um ano de textos! Até aqui, discutimos vários períodos pelo qual nosso Universo passou, dentre eles

1. Era Atual;
2. Era Primordial;
3. Era Inflacionária;
4. Singularidade Primordial;

e, como chegamos ao final da coleção, nada mais apropriado que falar agora do final do Universo. É isso mesmo: hoje conversaremos sobre o **Futuro do Cosmos** e o que se espera que ocorrerá no futuro longínquo.

### “Expandindo” nosso conhecimento

O que temos acesso direto durante o dia-a-dia e durante nossas vidas é apenas a Física da Terra e do sistema solar: o resto, não podemos observar diretamente.

Dito isto, o objetivo principal da Cosmologia é extrapolar o comportamento dessa Física bem conhecida para descrever o Universo como um todo [1,2]. Similarmente, a Cosmologia faz essa extração para averiguar o comportamento do Universo em outras eras, como vimos ao longo da coleção<sup>a</sup>.

Para entendermos as previsões da

Cosmologia para o futuro do Universo, devemos então entender e estender o que está ocorrendo com ele agora. Aqui, voltamos então em um *loop* para o começo da coleção ([Era Atual](#)), relembrando ainda um conceito do texto [Explorando o Universo: Cosmos](#), que é a **expansão do Universo**.

Refrescando a memória, sabemos que o Universo está se expandindo devido a observações de *redshift*<sup>b</sup>, fato estabelecido desde a época de Lemaître (1927) e Hubble (1929) [3], sendo o que nos permite fazer Cosmologia.

Porém, a situação é mais delicada do que isso. Além de estar se expandindo, o Cosmos na verdade **se expande de forma acelerada**, devido a algo que não sabemos exatamente do que se trata, mas temos modelos que tentam descrever esse fato.

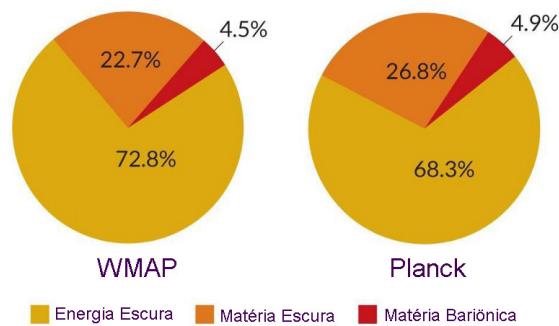


Figura 1: Composição do nosso Universo segundo a *survey* WMAP (2001-2010) e Planck (2009-2013). A energia escura, de natureza ainda desconhecida, representa 72,8% de tudo que existe, mais da metade do nosso Universo. Fonte: [Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS](#)

<sup>a</sup>Obviamente, para explicar fenômenos novos, a Cosmologia eventualmente assume novas hipóteses. Esse é o caso do paradigma inflacionário discutido no texto [Era Inflacionária](#), e dos modelos de Cosmologia Quântica discutidos no texto [Singularidade Primordial](#).

<sup>b</sup>Termo em inglês para "desvio para o vermelho", mais elaborado no [primeiro texto da coleção](#).

## Energia Escura e o Modelo $\Lambda$ -CDM

A expansão do Universo é um fato, tendo sido confirmado por diversas observações. Tal expansão é governada por leis da Física, mais precisamente pelas equações de Einstein, que ditam o quanto objetos curvam o espaço-tempo. Então, como vemos o Universo se expandir de forma acelerada, é natural assumir que alguma fonte de energia está curvando o espaço-tempo e causando essa aceleração.

O componente misterioso que gera esse efeito é chamado de **Energia Escura**. No fim das contas, é apenas um termo técnico para algo que não sabemos exatamente do que se trata, mas que assumimos existir para descrever a expansão acelerada do Universo<sup>a</sup>.

Existem diversos modelos para a energia escura. Ela poderia por exemplo ser um fluido com propriedades incomuns (como pressão negativa), ou um campo, que é o mesmo conceito usado para descrever as partículas fundamentais<sup>b</sup>. Porém, nenhuma dessas abordagens obteve um sucesso definitivo.

Atualmente, o modelo que melhor descreve as observações cosmológicas é o famoso modelo  $\Lambda$ -CDM, do inglês "*Lambda - Cold Dark Matter*", em que Lambda é o nome da letra  $\Lambda$ , e *Cold Dark Matter* significa "matéria escura fria". Esse modelo então assume que os ingredientes desconhecidos do Universo são dados por matéria escura fria e  $\Lambda$ , que representa uma constante cosmológica.

O termo "constante cosmológica" pode soar assustador, mas a ideia é simples. Ao propor as equações que governam a Relatividade Geral, Einstein propôs equações consistentes com a conservação de energia-momento<sup>c</sup>, sugerindo as equações<sup>d</sup>

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}, \quad (1)$$

em que  $G_{\mu\nu}$  representa a geometria do espaço-tempo e  $T_{\mu\nu}$  as propriedades de energia-momento da matéria. Porém, ele logo depois percebeu uma outra possibilidade, dada por

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}, \quad (2)$$

em que  $\Lambda$  é um número conhecido constante cosmológica e  $g_{\mu\nu}$  representa também a geometria do espaço-tempo.

---

<sup>a</sup>Nesse contexto, se assume que as leis da Física da Terra/Sistema Solar valem em escala cosmológica, dentre elas a própria Relatividade Geral de Einstein. Outra possibilidade seria que a própria teoria de Einstein falha para escalas cosmológicas, sendo um tema de debate na comunidade científica.

<sup>b</sup>No contexto do Modelo Padrão de Física de Partículas, as partículas fundamentais (elétrons, fótons, bósons de Higgs, etc.) são descritos como modos de vibração desses objetos conhecidos como campos. A analogia é como uma onda no mar: a onda é uma forma de vibração do mar. Esses campos fazem o papel de "líquidos", com as partículas sendo ondas definidas nesses "líquidos".

<sup>c</sup>Para ser um pouco mais preciso, elas são consistentes com conservação *local* de energia momento, para regiões pequenas (infinitesimais) do espaço-tempo.

<sup>d</sup>Aqui usamos "equações" no plural por haver 16 equações de Einstein, uma para cada combinação de  $\mu, \nu$ , que podem assumir os valores de 0 a 3, e.g.  $\mu\nu = 00, \mu\nu = 01$ , etc.

# A HISTÓRIA DO UNIVERSO

Essas equações também são consistentes com conservação (local) de energia-momento e se reduzem às anteriores para valores de  $\Lambda$  muito pequenos, sendo uma extensão natural da teoria de Einstein.

O modelo  $\Lambda$ -CDM então assume a existência de  $\Lambda \neq 0$  para descrever a expansão acelerada do Universo. Como esse é o modelo que melhor descreve o que observamos (até agora), iremos então discutir o futuro do Universo usando-o como base.

Antes de avançar na discussão, como sempre, cabe a observação: como todo modelo científico, o  $\Lambda$ -CDM pode ser eventualmente aperfeiçoado ou até descartado por futuras observações. Inclusive, isso é algo que podemos ver nas próximas décadas com os dados das próximas missões de Cosmologia, que usarão ferramentas e métodos estatísticos ainda mais avançados que os atuais.

## Fim das Estruturas e Frio Eterno

A discussão anterior nos leva à seguinte conclusão: **dado que atualmente o Universo está se expandindo de forma acelerada**, se assumirmos que ele permanecerá nesse estado, as distâncias do Universo ficarão maiores e maiores.

Pode-se ver isso lembrando que, como a Relatividade Geral prevê que o espaço-tempo é curvo devido à ma-

téria, a forma como calculamos distâncias é alterada. Ela agora depende do tempo, como em

$$s^2 = a^2(t)x^2 + a^2(t)y^2 \quad (3)$$

que representa o Teorema de Pitágoras modificado pela expansão do Universo, visualizado na Figura 2.

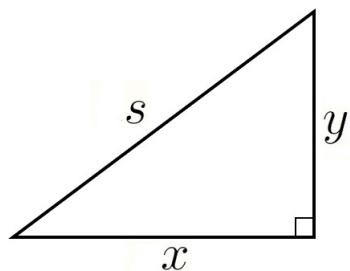


Figura 2: Um triângulo retângulo de hipotenusa  $s$  e catetos  $x, y$ . O Teorema de Pitágoras é válido em espaços planos, mas não para espaços curvos, como uma esfera, ou nosso Universo, que se expande. Feito pelo autor.

Aqui,  $a(t)$  é chamado de **fator de escala** e representa o "tamanho" do Universo para cada tempo  $t$ <sup>a</sup>. Em particular, sabemos que há uma relação de proporcionalidade entre ele a temperatura  $T$  do Universo:

$$T(t) \sim \frac{1}{a(t)}, \quad (4)$$

ou seja, quanto "menor" o Universo, mais quente ele é e, quanto maior, mais frio se torna.

O futuro então não é nada promissor: o Universo continuará se expandindo e expandindo, de forma cada vez mais rápida, até que as estruturas que vemos hoje (nebulosas, galáxias, planetas, etc.) sejam dilaceradas pela

<sup>a</sup>Aqui, mais uma vez (e dessa vez será a última), enfatizamos que a Relatividade Geral/Cosmologia enuncia que o Universo é infinito, mas as distâncias dentro dele evoluem com o tempo.

expansão, com o Universo se tornando cada vez mais e mais frio. Porém, um tipo de estrutura permanecerá no fim dos tempos, e merece uma menção honrosa.

## Buracos Negros: os últimos sobreviventes

Os buracos negros são estruturas muito peculiares. Se referem a regiões em que o espaço-tempo está tão curvo devido à matéria que nada, nem mesmo a luz pode escapar. Inclusive, se você quiser saber mais a respeito desses objetos curiosos, confira o texto "O poder da termodinâmica: do dia-a-dia aos Buracos Negros", nesta mesma edição.

Como já afirmamos, no contexto de expansão eterna, todas as estruturas desaparecerão, com a exceção dos buracos negros. Isso ocorre pois a expansão do Universo apenas aumentaria o tamanho de seus horizontes de eventos, mas sem esfarelá-los, como ocorrerá com os planetas e as galáxias.

Porém, a morte é cruel, e afeta a todos: ela não se aplica somente a seres humanos, mas também para as estruturas do Universo, e o mesmo vale para os buracos negros. Um dia, eles também encontrarão o seu fim devido ao efeito conhecido como **Radiação Hawking**.

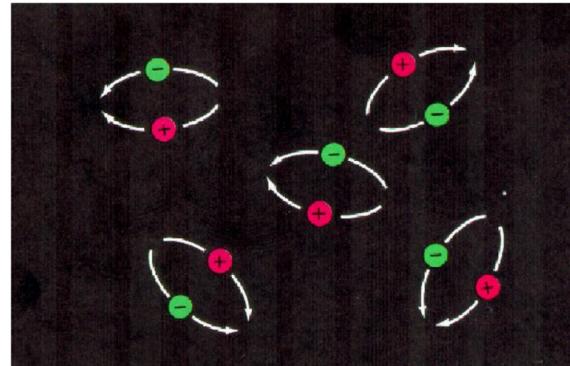


Figura 3: O vácuo quântico é muito estranho. Dele, podem surgir pares de partícula e anti-partícula, que logo se aniquilam. Porém, se isso ocorrer na superfície de um buraco negro, uma das partículas é absorvida, e não pode aniquilar a outra.

Como discutido no texto [Era Inflacionária](#), a Radiação Hawking se refere a um efeito quântico que ocorre em seu horizonte de eventos: um par de partícula e anti-partícula surge do vácuo quântico ao lado do buraco. Em seguida uma das partículas cai no horizonte enquanto a outra escapa para o infinito e, como um astuto ladrão, "rouba" a energia do pobre buraco negro.

A Radiação Hawking faz então com que os buracos negros percam energia e encolham de tamanho, até que evaporem completamente<sup>a</sup>. O fim do Cosmos então se resume a um Universo frio, povoado apenas por buracos negros que agonizam perdendo sua energia emitindo partículas até que desapareçam por completo. Chegamos então a um estado de escuridão e frio total: a morte térmica do Universo, que definitivamente não parece um ce-

<sup>a</sup>Aqui é válido enfatizar que a Radiação Hawking e evaporação completa de buracos negros são previsões de teorias que não consideram efeitos de gravitação quântica. No regime onde estes se tornam relevantes, pode ser que a evaporação não seja completa. Porém, a Física de tais escalas de tamanho não é ainda bem compreendida pelo ser humano.

nário empolgante.

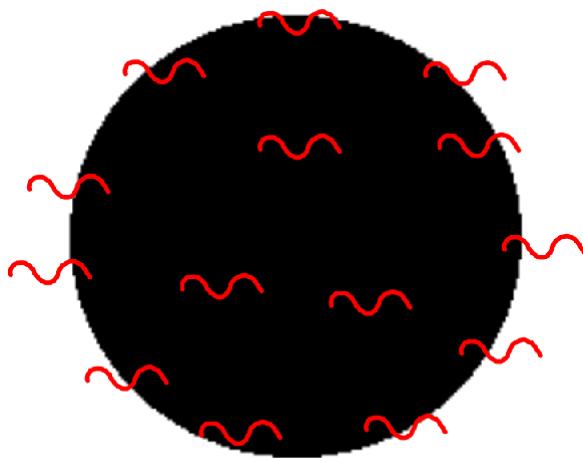


Figura 4: Buracos negros emitem partículas devido às flutuações do vácuo ao lado de seu horizonte de eventos. Esse efeito é conhecido Radiação Hawking. Feito pelo autor.

Aqui preferimos dar um panorama geral do futuro do Universo e explicar a lógica por trás dessas previsões. Para mais detalhes, indicamos uma interessante leitura para quem deseja se aprofundar nesses temas: o livro *The Five Ages of the Universe*, de Fred Adams e Gregory Laughlin [4]. Este livro, apesar de não focar tanto no Universo primordial, discute com mais detalhes a linha do tempo do futuro de um Universo em expansão.

## Outras possibilidades / Física Alternativa

Como foi frisado, a discussão anterior foi **feita com base no modelo  $\Lambda$ -CDM**

e, caso esse modelo seja refutado, o panorama que discutimos também o será. O certo é que o Universo se expande atualmente, e deve se expandir ainda por bilhões de anos, mas talvez não para sempre.

Agora discutiremos brevemente algumas outras possibilidades para o futuro do Universo. Porém, devemos enfatizar que estas se encontram mais no campo da especulação, uma vez que discordam do modelo mais bem testado até o momento. De qualquer forma, é válido citar tais possibilidades, para aguçar a curiosidade do leitor, e sugerir cenários que poderiam ser considerados caso o modelo  $\Lambda$ -CDM seja eventualmente derrubado<sup>a</sup>.

### *Outros 'Orçamentos' de Matéria*

No cenário proposto, o Universo apenas expande de forma acelerada para todo o sempre. Porém, caso nossas medidas de densidade de matéria/energia do Universo estejam incorretas, outras situações podem ocorrer<sup>b</sup>. Essas possibilidades são parametrizados pelo chamado parâmetro de desaceleração  $q_0$  do Universo, que, para fins ilustrativos<sup>c</sup> é dada aproximadamente pela diferença da densidade de matéria  $\Omega_m$  e de constante cosmológica  $\Omega_\Lambda$  atualmente:

<sup>a</sup>O que, como toda boa teoria científica, deve ocorrer eventualmente.

<sup>b</sup>Enfatizamos que essa discussão ainda considera o efeito da matéria na expansão do espaço-tempo prevista pela Relatividade Geral de Einstein.

<sup>c</sup>A discussão foi feita para um universo espacialmente plano, como proposto pelo modelo  $\Lambda$ -CDM, e fica mais complicada para universos com curvatura. Nesse caso a curvatura é representada por  $\Omega_k$ , e a relação  $\Omega_k + \Omega_0 = 1$  deve ser satisfeita, com o sinal de  $\Omega_0 = \Omega_m + \Omega_\Lambda$  determinando a curvatura do universo, que por sua vez contribui para o parâmetro de desaceleração. Isso pode ser visualizado na Figura 6.

# A HISTÓRIA DO UNIVERSO

$$q_0 \approx \frac{1}{2}\Omega_m - \Omega_\Lambda.$$

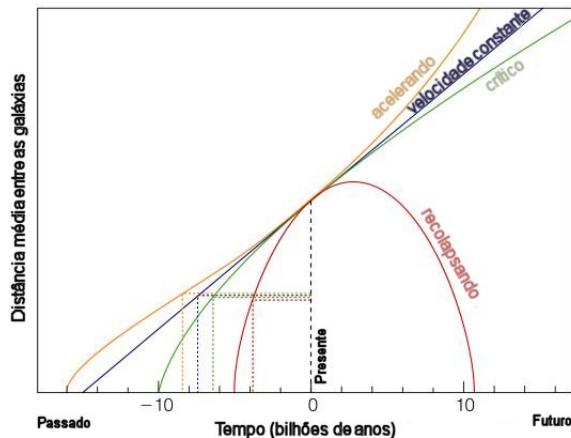


Figura 5: Possibilidades para a evolução do fator de escala de um Universo com matéria e constante cosmológica. Observações atuais ditam que o Universo deve se expandir de forma acelerada até o fim dos tempos. Fonte: [Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS](#).

Os valores de  $\Omega_0$  então ditam as possibilidades para o futuro do Universo:

1.  $q_0 < 0 \implies$  expansão eterna **acelerada**;
2.  $q_0 = 0 \implies$  expansão eterna **sem aceleração**;
3.  $q_0 > 0 \implies$  expansão **desacelerada** e depois contração;

que se encontram ilustradas na Figura 5. Em particular, no caso da contração ocorre um aquecimento e eventual aparecimento de uma nova singularidade no futuro, cenário conhecido como **Big Crunch**.

Uma outra possibilidade, ainda mais exótica, seria a existência de **energia fantasma**, um tipo de energia escura que fica "mais forte" conforme o tempo

passa: ela ganha energia conforme o espaço expande. Ela pode se tornar tão forte a ponto de rasgar o próprio tecido do espaço-tempo no futuro e gerar uma singularidade, cenário conhecido como **Big Rip**.

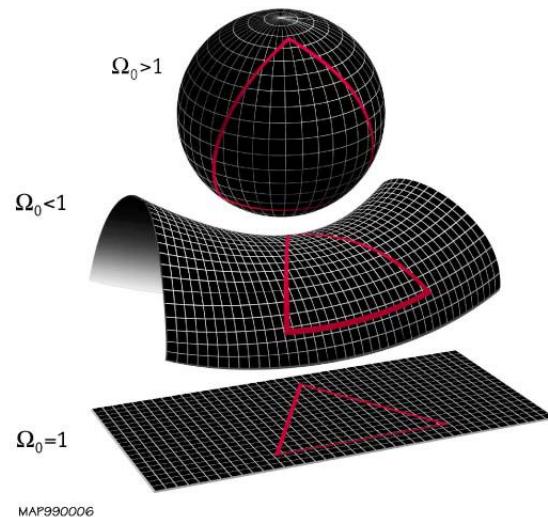


Figura 6: Possibilidades para a curvatura de nosso universo. Fonte [Futura-Sciences](#).

Porém, insistimos novamente: essas possibilidades hipotéticas dependem de formas exóticas de matéria, ainda não observadas, ou de imprecisões em nossa informação sobre o Cosmos.

## *Universos Cíclicos de Penrose*

O físico Roger Penrose, ganhador do [Prêmio Nobel de 2021](#) devido aos Teoremas de Singularidade da Relatividade Geral, propôs um modelo de Universo interessante. Sua proposta é que, no futuro distante em que o Universo se torna completamente vazio, sua evolução pode ser "colada" na singularidade que dá a origem a um novo Universo.

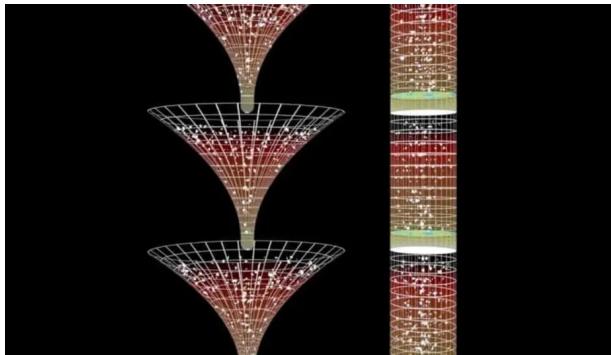


Figura 7: A proposta cíclica de Penrose. Aqui, a ideia é que o futuro de um Universo, por ser vazio, possui a simetria conforme, e pode ser reescalado de forma a ser "colado" na singularidade da próxima era, como ilustrado . Fonte: [Forbes](#).

A ideia de Penrose é motivada por um conceito um tanto abstrato conhecido como simetria conforme. De maneira simplificada, um sistema possui simetria conforme se pudermos mudar sua escala de tal forma que seu comportamento não mude. A ideia é parecida com os famosos [fractais](#).

De forma um pouco mais quantitativa, considerando que a geometria do espaço-tempo é descrita pelo objeto  $g_{\mu\nu}$  (o mesmo das equações de Einstein), a simetria conforme dita que a geometria se comporta da mesma forma ao reescalarmos a geometria, como em

$$g_{\mu\nu} \rightarrow \Omega^2 g_{\mu\nu}, \quad (5)$$

em que  $\Omega^2$  é um fator numérico que pode eventualmente depender da posição do espaço-tempo.

O que Penrose propõe é que a simetria conforme se encontrará presente no futuro distante do Universo, visto que ele se resumirá a um estado de vácuo. Usando então essa propriedade

de "reescalonar" o sistema, seria possível fazer esse procedimento de conectar o futuro distante de um Universo com a singularidade inicial de um novo Universo, que pode ser visualizado na Figura 7.

A proposta levaria então à ocorrência de Universos cíclicos, com eras divididas por singularidades. Do ponto de vista científico, isso seria extremamente complicado de se testar, visto que haveriam singularidades onde a Física é mal definida.

Embora a ideia seja interessante, Penrose apenas propôs de forma qualitativa, não implementando um mecanismo para explicar a existência dessas eras. De qualquer forma, há pesquisadores interessados em criar modelos para implementar tal cenário, sendo um tema de pesquisa atual. Para mais informações, confira o livro *Cycles of time: an extraordinary new view of the universe*, onde Penrose expressa suas ideias [6], ou o texto [\*There is no evidence for a Universe before the Big Bang\*](#), que aborda o assunto de forma crítica.

## *Flutuações Quânticas*

Uma terceira possibilidade seria que, dado que no futuro o Universo será frio e esparsão, dominado por um estado de vácuo, flutuações quânticas podem ocorrer. E essas flutuações quânticas poderiam influenciar o Universo de maneira de maneiras interessantes.

Assim como no passado as estruturas do Universo surgiram de flutu-

ações quânticas advindas do vácuo (ver o texto [Era Inflacionária](#)), o mesmo pode ocorrer no futuro. A princípio, essas flutuações quânticas poderiam gerar nova estrutura, criando uma nova era no Universo. O problema seria conciliar isto com um mecanismo capaz de "esquentar" o Universo novamente, de tal forma que ele seja eterno e cíclico, mas apenas para intervalos enormes de tempo [2].

Ressaltamos novamente que as possibilidades alternativas propostas presentemente se encontram no campo da especulação, não sendo um consenso científico como o modelo  $\Lambda$ -CDM. Porém, como sempre na ciência, há diversos pesquisadores ativamente trabalhando com tais cenários, tentando entender melhor o que ocorrerá no futuro do Universo [7].

## Flutuações Quânticas

E é aqui que encerramos a Coleção História do Universo. Foi mais de um ano de textos! Passamos então por várias eras de nosso Universo, dentre elas:

1. [Era Atual](#): vimos do que o Universo é feito e como podemos estudar sua história usando sua expansão;
2. [Era Primordial](#): descobrimos a origem dos elementos químicos que geraram as estrelas, e da Radiação Cósmica de Fundo, a [Luz Mais Antiga do Universo](#) (13 bilhões de anos)!
3. [Era Inflacionária](#): conversamos

como pode-se explicar a origem da CMB e das estruturas do nosso Universo a partir de flutuações do vácuo quântico;

4. [Singularidade Primordial](#): discutimos sobre como a teoria da Relatividade Geral de Einstein falha para descrever o Universo a partir de certo instante no passado, e sobre o que se refere o conceito de singularidade;

*Escrito por: Luiz Felipe Demétrio*

## *GW170817: a detecção que revolucionou a Astrofísica*

Em fevereiro de 2016 ocorreu um marco histórico: o anúncio da primeira detecção direta de ondas gravitacionais pelo projeto LIGO (Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro Laser), realizada em setembro de 2015. O sinal detectado foi originado da fusão de dois buracos negros a aproximadamente 1,3 bilhão de anos-luz da Terra. Os buracos negros envolvidos tinham massas cerca de 29 e 36 vezes a massa do Sol, cada um - acreite, é isso mesmo!, respectivamente. Essa colisão cósmica gerou uma quantidade enorme de energia, liberando ondas gravitacionais que atravessaram o espaço e foram captadas pelos detectores extremamente sensíveis do LIGO.

Em 17 de agosto de 2017, foi detectada a primeira onda gravitacional causada pela colisão de duas estrelas de nêutrons. Tal fenômeno astronômico é conhecido por GW170817, e ficou marcado como a primeira detecção multi - mensageira envolvendo ondas gravitacionais e ondas eletromagnéticas. Mas você deve estar se perguntando, o que diabos multi-mensageira?

Até recentemente, os astrônomos estudavam o cosmos principalmente observando a luz visível e outras formas de radiação eletromagnética,

como raios gama, raios X, ondas de rádio. Assim, a astrofísica multi-mensageira é diferenciada pois é um campo de estudos que combina observações de diferentes sinais ou "mensageiros" provenientes de objetos astrofísicos para entender fenômenos cósmicos complexos. Ela envolve a detecção e análise de várias formas de radiação eletromagnética, partículas, como neutrinos, e ondas gravitacionais.

A vantagem da astrofísica multi-mensageira é que diferentes mensageiros, isto é diferentes formas de se sondar o Universo, revelam informações distintas sobre um mesmo evento cósmico/astrofísico. Cada forma de sinal emitido pela fonte carrega consigo dados específicos sobre as condições, energias envolvidas, distâncias e processos físicos que ocorrem no Universo. Ao combinar essas informações, os cientistas podem obter uma imagem mais completa e detalhada dos fenômenos astrofísicos, possibilitando um entendimento mais profundo sobre a natureza do cosmos e os processos que o governam. Esta abordagem multidisciplinar continua a revolucionar nossa compreensão do universo e a abrir novos horizontes para a pesquisa astrofísica/cosmológica.

## Mas afinal, o que é uma onda gravitacional (OG)?

Previstas por Albert Einstein em sua Teoria da Relatividade Geral, ondas gravitacionais são distorções no tecido do espaço-tempo que se propagam pelo universo. Resultantes de eventos cósmicos que envolvem mudanças na distribuição de massa-energia. A presença de massa ou energia no espaço-tempo causa a sua curvatura, o que se assemelha à forma como uma bola pesada distorce a superfície de uma cama elástica.

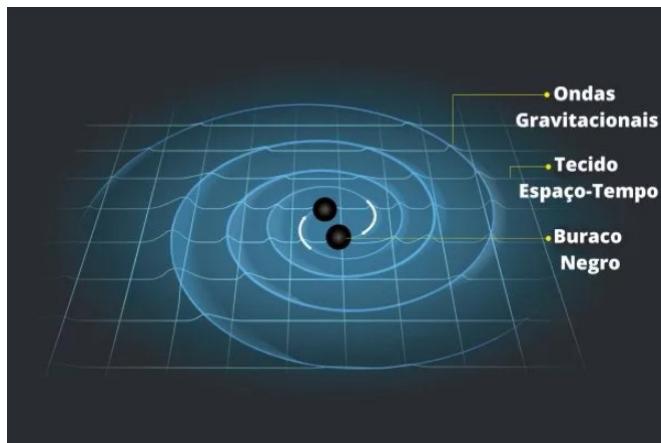


Figura 8: Imagem ilustrativa da colisão entre dois buracos negros.

Quando ocorrem eventos extremos, como a fusão de buracos negros (Figura 8), colisões entre estrelas de nêutrons ou supernovas, essas mudanças rápidas na distribuição de massa e energia geram ondas gravitacionais. Essas ondas se propagam pelo universo, carregando consigo informações sobre sua origem e sobre os próprios processos físicos envolvidos no evento que as gerou.

Agora que você já tem uma noção do que é uma OG, vamos falar da detecção que revolucionou a astrofísica.

## GW170817

Vamos explorar um pouco mais o evento GW170817. Originado da fusão de duas estrelas de nêutrons, detectadas pelos observatórios de ondas gravitacionais, esse evento é extremamente significativo porque foi a primeira vez que a fusão de estrelas de nêutrons foi observada através de ondas gravitacionais e luz em diferentes comprimentos de onda.

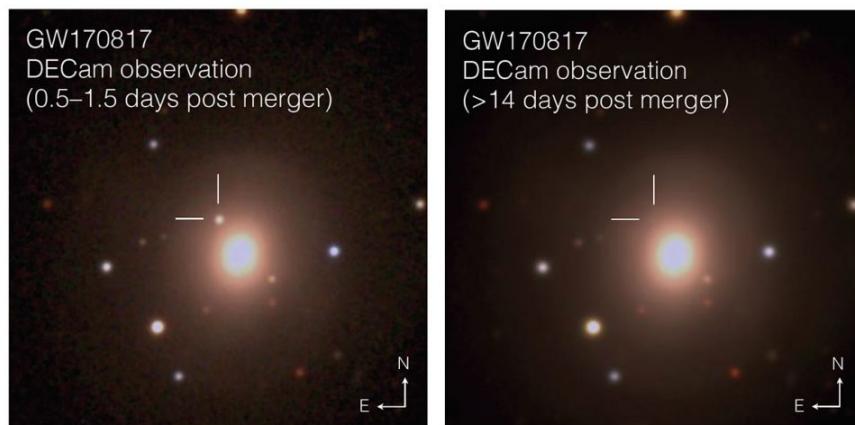


Figura 9: Contrapartida ótica do evento.

A fusão das estrelas de nêutrons gerou um fenômeno conhecido como "kilonova" (Figura 9), isto é, uma explosão extremamente energética que ocorre quando duas estrelas de nêutrons ou uma estrela de nêutron e um buraco negro se unem em um sistema binário, em que diferentes tipos de radiação são emitidas, como luz visível, raios X, raios gama e ondas de rádio. Essa fusão foi observada por uma variedade de telescópios ao redor do mundo, permitindo uma análise detalhada do evento em diferentes tipos de luz.

Dois segundos após da detecção do sinal da OG pelo LIGO-Virgo, o *Fermi Gamma-Ray Space Telescope* da NASA, detectou um *gamma-ray burst* (GRB170817A), uma explosão de energia extremamente poderosa e curta, liberando uma quantidade massiva de radiação na forma de raios gama. Esses eventos são os fenômenos mais brilhantes e energéticos co-

nhecidos no universo. Eles podem durar de milissegundos a vários minutos e são detectados em diferentes partes do céu. Esse GRB ocorreu na mesma região do céu onde as ondas gravitacionais foram detectadas. A análise matemática indicou que esse padrão era altamente compatível com a fusão ou colisão de dois objetos, cada um com uma massa aproximada de uma ou duas vezes a do Sol, localizados a uma distância de cerca de 130 milhões de anos-luz. Esse evento específico se mostrou mais fraco do que o esperado pelos cientistas para uma explosão ocorrida a essa distância. Isso sugere que os raios gama provavelmente se originaram de uma região que não estava diretamente alinhada conosco, o que impactou na intensidade observada da explosão. Essa inclinação ou falta de alinhamento direto afetou a quantidade de energia detectada, resultando em uma observação menos intensa do evento.

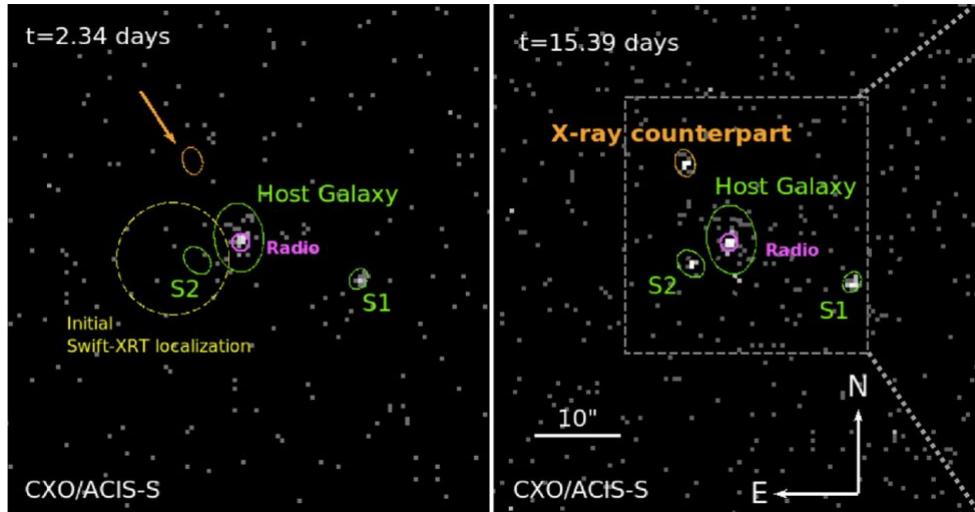


Figura 10: Aparecimento do sinal de raio-x.

De qualquer forma, a associação entre as duas detecções forneceu evidências significativas de que as fusões de estrelas de nêutrons podem ser a fonte de alguns dos eventos de raios gama curtos. Além disso, essa correlação permitiu aos cientistas uma oportunidade única de estudar o vínculo entre as emissões de raios gama e as ondas gravitacionais, abrindo novas perspectivas para a compreensão de eventos cósmicos extremos e a Física associada a eles.

Entretanto, as informações recebidas não pararam por ai. Lembra que na astrofísica multi-mensageira tende-se a receber sinal de diferentes comprimentos de onda? Pois bem, a colisão das estrelas de nêutron também foi detectada em raio-x, mas com um certo *delay* (Figura 10).

Até 26 de agosto, o telescópio Chandra não pegou nenhum raio-X da colisão das estrelas de nêutrons. Isso reforçou a ideia de que a explosão de raios gama não estava mirando direto pra cá. Se estivesse, teríamos visto os raios-X junto com os raios gama de uma vez. Só que esses raios-X apareceram mais tarde, depois que a bagunça inicial de partículas desacelerou e se espalhou.

Essas observações (Figura 11) permitiram identificar a galáxia que hospedava a fusão das estrelas de nêu-

trons, proporcionaram fortes evidências ligando as fusões dessas estrelas às explosões de raios gama conhecidas como "curtas e intensas". Além de reforçarem a teoria de que as fusões de estrelas de nêutrons são responsáveis pela criação de uma parcela substancial do ouro e de outros elementos pesados no universo. E, incrivelmente, possibilitaram uma medição independente da constante de Hubble, que mede a taxa de expansão do Universo.

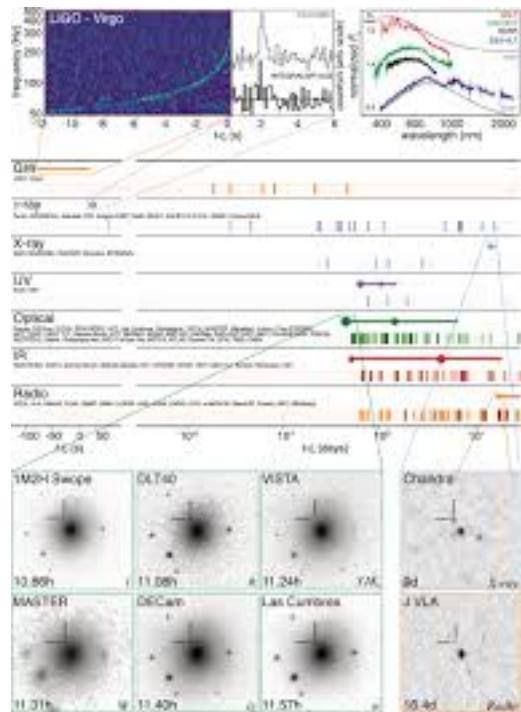


Figura 11: Linhas na linha do tempo mostram quando cada coisa foi vista em diferentes tipos de instrumentos, como os telescópios. Os traços sombreados indicam quando as descobertas foram reportadas, e os círculos representam o quanto brilhante foi o que foi visto. As linhas sólidas mostram quando pelo menos um telescópio conseguiu ver a fonte.

## Conclusão

As informações provenientes dessas observações multi-mensageiras são incrivelmente significativas. Elas não apenas nos oferecem um panorama mais amplo dos eventos cósmicos, mas também desvendaram descobertas cruciais.

Assim, o poder da astrofísica multi-

mensageira não apenas nos proporciona uma visão multidimensional dos eventos cósmicos, mas também nos permite fazer descobertas revolucionárias que impactam diretamente nossa compreensão do universo e da sua formação.

*Escrito por: Mayara Hilgert Pacheco*

## *O Poder da Termodinâmica: do dia-a-dia aos Buracos Negros*

A descrição termodinâmica é uma "mão na roda" para o estudo do interior de sistemas físicos e além, sem a necessidade de conhecermos qual a estrutura interna que os constitui. Ela se baseia em simplificar um problema complexo, que envolve muitas variáveis, por meio do uso de variáveis macroscópicas que descrevem o seu sistema. Por conta disso, a termodinâmica é considerada, de uma maneira poética, muito mais que uma teoria física pelo seu enorme potencial de aplicabilidade, isto é, por meio dela, é possível descrever sistemas como motores, refrigeradores, processos químicos, gases, sistemas biológicos e até mesmo buracos negros usando um único formalismo.

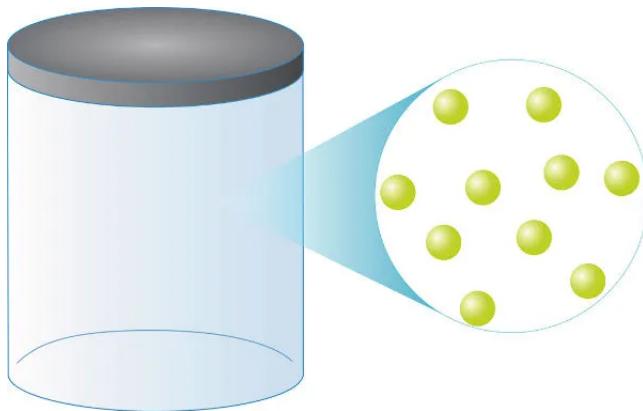


Figura 12: Ilustração microscópica de um gás.  
[Fonte](#).

No estudo de um gás, por exemplo, uma das dificuldades é descrever cada uma das suas moléculas, devido ao número gigantesco delas que pode ser quantificado em cerca de  $6,02 \times 10^{23}$  — número que recebe o

nome de "mol". Se programarmos um computador para descrever um mol de um gás e escrever uma equação de movimento de cada uma de suas moléculas por segundo, seria necessário um milhão de vezes a idade do universo para descrever um único instante de tempo.

É possível associar uma noção probabilística e complicada em uma escala microscópica, já a termodinâmica com a sua descrição macroscópica consegue simplificar essa descrição através de no mínimo **três variáveis macroscópicas**. Essa é só uma pequena amostra do quão poderosa é a termodinâmica.

Podemos descrever um gás em baixa pressão ou em altas temperaturas mediante a equação dos gases ideais, desprezando qualquer outro fator microscópico sobre seu comportamento por meio da equação

$$PV = nRT, \quad (6)$$

em que  $P$  é a pressão,  $V$  o volume,  $n$  o número de mols,  $T$  a temperatura e  $R$  a constante dos gases ideais. Essa equação é válida para gases em baixa pressão ou em altas temperaturas, mesmo que ele possua uma quantidade absurda de moléculas. Nessas condições, um gás assume o comportamento de um gás ideal, e apenas as variáveis macroscópicas são relevantes para descrevê-lo.

# O PODER DA TERMODINÂMICA

Após essa pequena demonstração do poder da termodinâmica, podemos introduzir de forma mais precisa como descrever um sistema termodinâmico e, assim, aplicar a qualquer sistema: desde um gás inclusive a buracos negros.

Antes de desenvolver a descrição sobre um sistema físico, é preciso fazer uma separação entre o objeto de estudo e todas as interações com ele. Em uma separação imaginária, o que iremos estudar é chamado de sistema, e todo o resto do universo é chamado de ambiente.

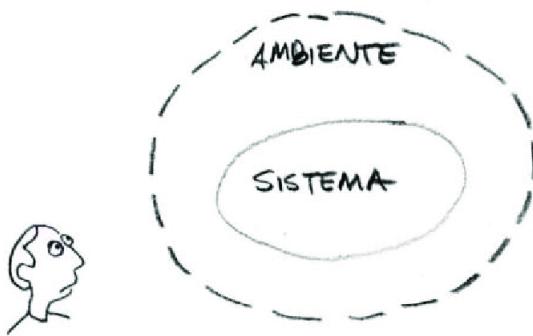


Figura 13: Divisão na imaginação entre o sistema e o ambiente. [Fonte](#)

Essa separação é extremamente importante, pois nos permite focar no objeto de estudo e em suas propriedades, interações e dependências como um sistema separado do ambiente. Avaliar o objeto de estudo em conjunto com o ambiente pode ser extremamente complicado, pois as interações e variáveis envolvidas são muito complexas para serem analisadas de forma eficaz. Portanto, para um gás em um reservatório, o sistema é o gás, e o ambiente

seria todo o universo a fora.

Após a separação do sistema, o segundo passo é identificar quais as dependências, as variáveis que restringem o comportamento do sistema. Como visto anteriormente, é importante distinguir as variáveis macroscópicas das microscópicas. A termodinâmica não trabalha com as **variáveis microscópicas**, uma vez que é necessário assumir uma estrutura interna para identificá-las<sup>a</sup>.

Com o auxílio das **variáveis macroscópicas**, podemos fazer uma medida direta e ter uma noção intuitiva e não se limitada por uma estrutura interna. Voltando ao exemplo do gás, não é necessário saber a forma, as ligações e os constituintes das moléculas de um gás para descrevê-lo. Basta considerar características gerais do sistema, como volume, pressão e temperatura.

A independência de uma estrutura interna é um ponto chave para o estudo de qualquer sistema termodinâmico. Podemos ilustrar o estudo de um sistema como uma caixa-preta: não é preciso saber como ele é formado, as características individuais ou se realmente há alguma estrutura interna, pois isso não pode ser medido diretamente. Logo, o que interessa é estabelecer as relações entre as variáveis do sistema, uma vez que essas podem ter alguma relação com a interação com a estrutura interna do sistema.

<sup>a</sup>A característica individual sobre cada elemento que compõe o sistema e não são medidas diretamente.

# O PODER DA TERMODINÂMICA

Um exemplo claro disso seria em buracos negros: não temos acesso às informações contidas em seu interior e nem sabemos se possuem alguma estrutura interna, mas isso não nos impede de adquirir sua descrição termodinâmica <sup>a</sup>.

Quando tomamos o conjunto de variáveis macroscópicas de um sistema como coordenadas para associá-las a um estado de equilíbrio, conseguimos formular equações que descrevem os estados de equilíbrio do sistema ao passar por um tipo de processo. Essas equações são chamadas de equações de estado. Um exemplo já foi apresentado anteriormente: a equação do gás ideal (6). As equações de estado são usadas para realizar previsões sobre o comportamento de cada variável do sistema ao passar por um processo termodinâmico.

A termodinâmica dispõe de quatro leis simples que possuem ampla aplicabilidade:

- A **lei zero** define a noção de equilíbrio e contato térmico que possui como consequência a definição do conceito de temperatura;
- A **primeira lei** define o calor como diferenças de energia associadas ao trabalho, entre o trabalho adiabático e o trabalho mecânico;
- A **segunda lei** define uma função associada a existência de processos irreversíveis, de maneira que

ela sempre cresce ou se mantém constante em um sistema isolado;

- A **terceira lei** mostra que é impossível atingir o zero absoluto, isto é, o menor valor da escala de temperatura absoluta em um número finito de processos termodinâmicos;

A combinação das quatro leis e o tratamento de um objeto de estudo como um sistema torna a termodinâmica poderosa. Temperatura, entropia e calor são cruciais para a descrição de um fenômeno físico e são isentos de qualquer significado dito pela natureza do sistema. Isso implica em uma vasta aplicabilidade e diversas formas de abordagem termodinâmica em um objeto de estudo. Outras teorias atribuem significado físico a essas quantidades ao descrever o mesmo sistema de interesse, fazendo suposições sobre as interações microscópicas e assumindo uma estrutura interna para o sistema.

A termodinâmica como uma teoria física está consistentemente <sup>b</sup> alinhada com os resultados empíricos, pois a sua descrição começa com a relação entre estados de equilíbrio e os processos termodinâmicos. As teorias microscópicas como mecânica estatística usam a termodinâmica como um guia para a correção de suas suposições, visto que o resultado empírico descrito através das variáveis macroscópicas é mensurado diretamente.

<sup>a</sup>Associar uma estrutura interna a buracos negros ainda é um problema em aberto na física.

<sup>b</sup>Embora a origem histórica da termodinâmica seja empírica, as suas aplicações se estendem além disso, como na termodinâmica de buracos negros e em sistemas quânticos, que possuem pouco alinhamento com a parte empírica.

# O PODER DA TERMODINÂMICA

Por fim, podemos apresentar a termodinâmica de buracos negros, um estudo importante para entender a natureza e propriedades desses objetos. Além disso, a busca pela solução de paradoxos da informação em buracos negros está amplamente relacionada com outras áreas, como a teoria quântica de campos em espaços curvos. Ela pode inclusive fornecer pistas para a construção de uma teoria de gravitação quântica. A abordagem termodinâmica é muito vantajosa para descrição do comportamento de um buraco negro, visto que não temos acesso ao seu interior e não é preciso assumir uma estrutura interna.

Nesta abordagem, o buraco negro é considerado como o sistema e todo o resto do universo como o ambiente. Associamos algumas variáveis macroscópicas como a massa, carga elétrica e momento angular que nos permitem formular as equações de estado e aplicar as leis da termodinâmica, de maneira que podemos associar temperatura e entropia ao um buraco negro.



Figura 14: Gargantua, a simulação de buraco negro apresentado no filme Interestelar de 2017.  
[Fonte](#).

A entropia de buraco negros, também chamada de **entropia de Bekenstein-Hawking**, mostra que a informação contida dentro de um buraco negro é proporcional à área da superfície do horizonte de eventos e não ao seu volume. Ela é dada por

$$S = \frac{k_B c^3}{4\hbar G} A, \quad (7)$$

onde  $k_B$  é a constante de Boltzmann,  $c$  a velocidade da luz,  $\hbar$  a constante de Planck reduzida,  $G$  constante de gravitação universal de Newton e  $A$  é área formada pela superfície do horizonte de eventos<sup>a</sup>.

O horizonte de eventos é a região ao redor do buraco negro onde a gravidade é tão forte que a velocidade de escape é maior do que a velocidade da luz, o que significa que nada, nem mesmo a luz, pode escapar dele.

Além da entropia, também se pode definir a **temperatura Hawking**  $T_H$  de um buraco negro:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G k_B} \frac{1}{M}, \quad (8)$$

em que  $M$  é a massa do buraco. A temperatura Hawking então indica que a radiação emitida por um buraco negro é inversamente proporcional à sua massa. Dessa forma, buracos negros menores possuem uma temperatura de radiação maior e, consequentemente, evaporam mais rapidamente.

<sup>a</sup>É belo como a entropia de um buraco negro reuni a maioria das constantes da natureza.

# O PODER DA TERMODINÂMICA

Para buracos negros menores, o processo de evaporação leva a resultados singulares quando aplicamos a relatividade geral, uma vez que a massa se aproxima de zero e a temperatura do infinito. Esse comportamento singular indica que a teoria da relatividade geral não é capaz de descrever adequadamente os buracos negros em escalas tão pequenas, e sugere que uma teoria da gravitação quântica seja necessária para resolver esse problema. Uma teoria da gravitação quântica seria capaz de descrever a evaporação de buracos negros em termos de processos quânticos e poderia fornecer uma descrição mais completa e precisa de como os buracos negros se comportam em escalas tão pequenas.

Ao voltarmos para a termodinâmica, sabemos que um sistema é estável se a sua temperatura aumenta conforme fornecemos energia para ele, mas no caso de buracos negros, essa a temperatura diminui. Isso indica que se o buraco negro receber energia, a sua temperatura vai diminuir e esse comportamento não é visto em sistemas estáveis. Essa instabilidade é um indicio da evaporação de buracos negros, mas para compreender melhor é necessário levar em consideração os resultados da mecânica quântica e a radiação Hawking.

A mecânica quântica postula que

a evolução de um sistema é governada por uma transformação unitária, que descreve como o estado do sistema muda com o tempo. No entanto, a existência da radiação Hawking implica que os buracos negros emitem partículas e, eventualmente, evaporam, o que sugere que a informação do sistema que caiu no buraco negro é perdida para sempre. Isso gera o chamado "**paradoxo da informação**", que questiona a validade do princípio da evolução unitária na presença de buracos negros. Espera-se que uma teoria de gravitação quântica resolva esse desafio, conciliando a evolução unitária com a evaporação dos buracos negros e a conservação da informação.

A termodinâmica de buracos negros apresenta vários desafios intrigantes e ainda não totalmente compreendidos. A temperatura Hawking, a evaporação dos buracos negros e o paradoxo da informação são apenas alguns exemplos de fenômenos que desafiam nossa compreensão atual da física. No entanto, esses desafios também representam uma oportunidade para a pesquisa em gravitação quântica e outras áreas da física fundamental, e incentivam novas descobertas e inovações que estão esperando para serem desvendadas.

# O PODER DA TERMODINÂMICA

A termodinâmica é uma teoria física amplamente reconhecida e robusta, que resistiu a várias revoluções científicas. Suas quatro leis fundamentais auxiliam na compreensão de sistemas físicos de interesse, independentemente da sua natureza, desde processos que envolvem gases até fenômenos em buracos negros. Além de sua aplicabilidade, a termodinâmica é considerada uma verdadeira arte, pois seus resultados e conclusões são elegantes e precisos. É, portanto, uma das teorias físicas mais importantes e fascinantes em toda a ciência.

Por fim, deixarei Albert Einstein realizar a sua afirmação e conclusão final:

*"[...] Uma teoria é mais impressionante quanto maior a simplicidade de suas premissas, quanto mais diferentes tipos de coisas ela relaciona e quanto mais ampla é sua área de aplicabilidade. Por este motivo, a termodinâmica*

*clássica me causou uma forte impressão. É a única teoria física de conteúdo universal, em relação à qual estou convencido de que, dentro do quadro da aplicabilidade de seus conceitos básicos, nunca será derrubada."*

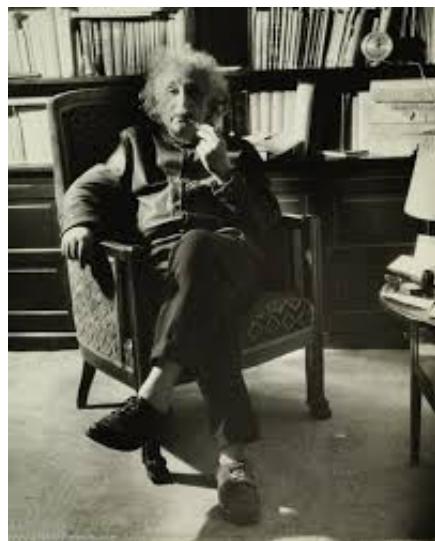


Figura 15: Albert Einstein, o icônico físico teórico, relaxando em uma cadeira enquanto desfruta de um charuto.[Fonte](#).

*Escrito por: Arthur Souza*

## Inteligência Artificial: Quais são suas aplicações práticas?

Em um mundo no qual a tecnologia avança a passos largos, a Inteligência Artificial (IA) vem se apresentando como um dos pilares para essa evolução. Muito além de um conceito de ficção científica, a IA já é uma realidade em nosso cotidiano, transformando a maneira como vivemos e trabalhamos. De assistentes virtuais que entendem e respondem às nossas perguntas até sistemas avançados que ajudam médicos a diagnosticar doenças, a inteligência artificial já está em toda parte, embora às vezes nem percebemos sua influência.

Mas e o que faz da Inteligência Artificial algo tão fascinante e abrangente? A resposta para essa pergunta é a sua capacidade de aprender, se adaptar e evoluir. O próprio ser humano já se destacou na natureza por conta dessas mesmas características, mas o ponto é que, para isso, nós levamos décadas ou até mesmo séculos e/ou milênios. Já um computador pode realizar essas ações numa velocidade gigantesca, tão grande que às vezes chega a assustar <sup>a</sup>.

Em diferentes setores, desde saúde, transporte, educação, finanças e até mesmo na preservação ambiental, a IA se tornou um parceiro inteligente que oferece insights e soluções inovadoras. Com base nisso, a proposta desse texto é apresentar e explorar um pouco dessas diversas aplica-

ções práticas da Inteligência Artificial, destacando como ela está moldando o presente e redefinindo o futuro em diversas áreas.

### Saúde

Na esfera da saúde, a Inteligência Artificial está desempenhando um papel revolucionário, especialmente na área de diagnósticos e tratamentos. Algoritmos avançados de IA estão sendo utilizados para analisar rapidamente grandes volumes de dados médicos, permitindo diagnósticos mais precisos e rápidos.

Sistemas de IA são capazes de identificar padrões em imagens de exames, como raio-X e ressonâncias com uma precisão que muitas vezes supera a avaliação humana. Além disso, a IA está ajudando na personalização de tratamentos para pacientes, considerando suas características únicas e histórico médico, o que tem tido um impacto significativo no sucesso dos tratamentos.

Ainda dentro do setor de saúde, no campo das pesquisas farmacêuticas, a IA está acelerando a descoberta de novos medicamentos e vacinas, reduzindo o tempo e os custos associados ao desenvolvimento farmacêutico desses produtos. Algoritmos de aprendizado de máquina estão sendo usados para prever a eficácia e segurança de novas moléculas, simplificando o pro-

<sup>a</sup>quem já assistiu a série de filmes “O Exterminador do Futuro” sabe do que estou falando!

cesso de triagem e análise. Isso não só acelera a chegada de novos tratamentos ao mercado, mas também abre portas para terapias mais direcionadas e eficazes, marcando uma nova era na medicina personalizada.

## Finanças

No setor financeiro, a Inteligência Artificial está redefinindo a análise de mercado e o gerenciamento de riscos. Utilizando algoritmos sofisticados, a IA analisa enormes conjuntos de dados do mercado financeiro, identificando tendências e padrões que podem passar despercebidos aos profissionais da área. Essa capacidade permite previsões de mercado mais precisas, ajudando investidores e instituições financeiras a tomar decisões mais corretas. Outro ponto importante é que sistemas baseados em IA estão sendo cada vez mais adotados para personalizar serviços financeiros, oferecendo recomendações e conselhos adaptados às necessidades e perfis de risco de cada cliente.

Já no que tange ao gerenciamento de riscos de maneira específica, a IA está revolucionando a forma como as empresas financeiras avaliam e mitigam os riscos. Através do aprendizado de máquina, estes sistemas podem detectar rapidamente padrões anormais, indicando possíveis fraudes ou falhas de segurança. Ademais, a IA contribui para a análise de crédito, avaliando a capacidade de pagamento dos clientes de maneira mais precisa e reduzindo os riscos associados a empréstimos e

créditos. Esta aplicação não apenas aumenta a segurança financeira, mas também torna o acesso ao crédito mais justo e acessível.

## Transporte

No mundo do transporte, a Inteligência Artificial está liderando uma verdadeira revolução, especialmente no desenvolvimento de veículos autônomos. Estes veículos são equipados com sensores avançados, câmeras e algoritmos de IA, e estão sendo projetados para navegar com segurança pelas estradas sem intervenção humana.

Marcas globais como a Tesla e BMW estão na vanguarda deste desenvolvimento, trabalhando para tornar a tecnologia não apenas realidade, mas também acessível. Os benefícios previstos são imensos, variando desde a redução do número de acidentes até a melhoria significativa da eficiência do tráfego. Nesse sentido, você pode até se lembrar de algum problema ou acidente já causado por esse tipo de veículo ao redor do mundo. Mas aqui vale a pena ressaltar que tudo isso ainda está em fase de pesquisa e irá demorar um certo tempo até que um veículo autônomo totalmente seguro e consistente seja lançado no mercado.

Ainda dentro do setor de transportes, vale a pena mencionar que a IA está transformando a otimização logística. Com a ajuda de algoritmos inteligentes, as empresas estão conseguindo gerenciar suas frotas de veículos de maneira mais eficiente, prevendo a demanda, otimizando rotas e redu-

reduzindo tempos de entrega. Isso não só melhora a eficiência operacional, mas também contribui para a sustentabilidade ao diminuir as emissões de gás carbono, por exemplo. A aplicação da IA na logística está tornando o transporte de mercadorias mais rápido, seguro e econômico, redefinindo as cadeias de suprimentos globais a cada dia que passa.

## Educação

Voltando nossos olhos agora para o setor educacional, a Inteligência Artificial vem apresentando um grande potencial no que diz respeito à personalização do aprendizado. Uma das possibilidades mais interessantes trazidas pela IA nesse contexto, são os sistemas habilitados para analisar o estilo de aprendizagem e o progresso de cada aluno, adaptando o material didático às suas necessidades individuais. Isso não apenas melhora a compreensão do aluno, mas também torna a experiência de aprendizagem mais envolvente e eficaz. Esses sistemas podem identificar áreas nas quais os alunos estão apresentando uma dificuldade de aprendizagem, permitindo intervenções mais direcionadas e oportunas.

Outra aplicação significativa da IA na educação é na avaliação e fornecimento de feedback. A IA pode auxiliar professores na avaliação de trabalhos e testes, proporcionando feedback instantâneo e detalhado aos alunos. Essa abordagem não só econo-

miza tempo dos professores, mas também oferece aos alunos insights valiosos para melhorar seu desempenho. Além disso, a IA pode ajudar a identificar tendências em dados de desempenho dos alunos, permitindo que as instituições de ensino refinem seus currículos e estratégias de ensino de forma mais eficaz.

## Preservação Ambiental

No campo da preservação ambiental, a Inteligência Artificial está emergindo como uma ferramenta poderosa no que diz respeito à sustentabilidade. Sistemas de IA estão sendo empregados para analisar grandes conjuntos de dados ambientais, desde padrões climáticos até níveis de poluição. Essa análise pode prever e, consequentemente, ajudar a mitigar impactos ambientais, auxiliando também na conservação de espécies e no manejo de recursos naturais. Por exemplo, a IA pode ser usada para monitorar o desmatamento, a qualidade da água em rios e lagos, e até mesmo para rastrear movimentos de animais selvagens em habitats naturais, fornecendo informações cruciais para a conservação ambiental.

## Problemas e Polêmicas da Inteligência Artificial

De forma geral, as aplicações práticas da Inteligência Artificial nesses diversos setores não levam unicamente a pontos positivos. Assim como no desenvolvimento e aplicação de qualquer

nova tecnologia, o uso da IA traz consigo diversos desafios e considerações éticas significativas. Enquanto a IA promete diagnósticos mais precisos na saúde, personalização na educação e eficiência no transporte, ela também levanta questões sobre privacidade, segurança dos dados e responsabilidade. Por exemplo, no setor de saúde, como podemos garantir a confidencialidade dos dados dos pacientes quando utilizados em sistemas de IA? Ou também, no setor financeiro, como evitar que algoritmos de IA perpetuem viéses existentes em decisões de crédito? Todas essas são perguntas importantes e que devem ser levadas em consideração para um desenvolvimento pleno da Inteligência Artificial no mundo social.

A IA em todos esses setores deve ser desenvolvida e implementada de maneira ética e responsável. Isso inclui garantir que os sistemas de IA sejam transparentes, justos e não discriminatórios. Um desafio particular é o risco de viés nos algoritmos de IA, que pode levar a resultados injustos ou prejudiciais. Por exemplo, no transporte e na educação, como assegurar que os algoritmos de IA não favoreçam ou prejudiquem certos grupos de usuários? Da mesma forma, a sustentabilidade implica em usar IA de maneira que beneficie o meio ambiente sem comprometer os direitos e privacidades individuais. Assim, a ética na IA exige um equilíbrio cuidadoso entre inovação tecnológica e respeito pelos valores humanos fundamentais.

À medida que exploramos as vastas aplicações da Inteligência Artifi-

cial, fica claro que estamos apenas arranhando a superfície do seu potencial transformador. A IA já está remodelando setores fundamentais - saúde, finanças, transporte, educação, e sustentabilidade - e seu impacto continuará a se expandir e aprofundar. O futuro promete uma integração ainda maior da IA em nossa vida diária, trazendo soluções inovadoras para desafios complexos e abrindo novos horizontes. No entanto, esta jornada não está isenta de desafios, principalmente em termos de ética e responsabilidade. A forma como abordaremos estas questões moldará não apenas o desenvolvimento da IA, mas também o futuro da sociedade humana.

À medida que avançamos, a responsabilidade compartilhada de utilizar a IA de forma ética e justa se torna crucial, garantindo que seus benefícios sejam distribuídos de maneira equitativa e que seus riscos sejam gerenciados com sabedoria. Em última análise, a IA não é apenas uma jornada tecnológica, mas uma evolução nas interseções da tecnologia, ética e da humanidade.

*“Como um exemplo prático e direto da utilização de Inteligência Artificial, esse texto foi produzido com auxílio da plataforma ChatGPT. Todas as informações apresentadas aqui foram verificadas e as referências confirmadas, de maneira a trazer um texto com responsabilidade de conteúdo e que seja voltado para a divulgação científica.”*

*Escrito por: Vítor Hugo Ribeiro*

# REFERÊNCIAS

## Referências

### HISTÓRIA DO UNIVERSO : O FUTURO

- [1] RYDEN, Barbara. *Introduction to cosmology*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2017. 5.
- [2] ELLIS, George FR; MAARTENS, Roy; MACCALLUM, Malcolm AH. Relativistic cosmology. Cambridge University Press, 2012.
- [3] GUTH, Alan H. The inflationary universe: the quest for a new theory of cosmic origins. Random House, 1998.
- [4] ADAMS, Fred C.; LAUGHLIN, Greg. The five ages of the universe: inside the physics of eternity. Simon and Schuster, 2016.
- [5] CARROL, Sean M., CHEN, Jennifer . "Spontaneous Inflation and the Origin of the Arrow of Time."arXiv preprint hep-th/0410270 (2004).
- [6] PENROSE, Roger. Cycles of time: an extraordinary new view of the universe. Random House, 2010.
- [7] Canal D-Dimensões. Big Bang: História e Evidências. Disponível clicando [aqui](#).

### GW170817: a detecção que revolucionou a Astrofísica

- [1] Gizmodo Brasil. Entenda como é a fusão entre estrelas de nêutrons [aqui](#).
- [2] Abbott, B. P. et al. "Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger."Nature, 551(7678), 85-88 (2017).
- [2] LIGO Scientific Collaboration, The Virgo Collaboration, The 1M2H Collaboration, The Dark Energy Camera GW-EM Collaboration, The DES Collaboration, The DLT40 Collaboration, The Las Cumbres Observatory Collaboration, The VINROUGE Collaboration, & The MASTER Collaboration. "A gravitational-wave standard siren measurement of the Hubble constant"Nature, volume(551), páginas 85-99, (2017)

### O Poder da Termodinâmica: do dia-a-dia aos Buracos Negros

- [1] Callen, H.B. *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. Wiley, 1991.
- [2] M.C. Baldiotti and R. Fresneda and C. Molina. "A Hamiltonian approach for the Thermodynamics of AdS black holes"Annals of Physics, 382, 2017.
- [3] Robert M. Wald. "The Thermodynamics of Black Holes"Living Reviews in Relativity, 4, 2001.
- [4] Brian P Dolan. "The cosmological constant and black-hole thermodynamic potentials"Classical and Quantum Gravity, 28, 2011.
- [5] Schilpp, P.A.. "Albert Einstein: Philosopher-Scientist"Library of living philosophers, 2001.

## Referências

### INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: QUAIS SÃO AS APLICAÇÕES PRÁTICAS

- [1] Horowitz, B. T. (2023). "The Current State of AI in Healthcare and Where It's Going in 2023". HealthTech Magazine [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [2] "Advances in generalizable medical AI". (2023). Stanford News. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [3] Velazquez, R., Sawtell-Rickson, J. (2023). "31 Examples of AI in Finance 2023". Built In. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [4] "The Future Of Transportation: How AI Is Changing The Way We Move". (2023). Parsons. [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [5] Or, S. (2023). "AI in transportation 2023: The big changes ahead". PTV Blog. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [6] "Exploring new opportunities with AI in education". (2023). Microsoft EDU. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [7] "2023 Will Be The Year Of AI Ethics Legislation Acceleration". (2023). Forbes. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.
- [8] "The State of AI Ethics in 2023: Balancing Progress and Responsability". (2023). LinkedIn. Disponível [aqui](#). Acesso em: 17 Dez. 2023.

### FIGURAS DA CAPA E SUMÁRIO

Figuras da capa: [Fundo da capa \(Felix Mittermeier/Pexels\)](#);

Figura da contra-capa: [Fundo da contra-capa](#);

Figuras do sumário: i) História do Universo;

ii) GW170817;

iii) O poder da termodiâmica;

iv) Inteligência artificial;

# Sir Apple



O Newston Jornal surgiu como uma iniciativa estudantil envolvendo alunos dos cursos de Física, Arquitetura e Urbanismo e Letras da Universidade Estadual de Maringá em 2018, e foi oficializado como projeto de extensão vinculado oficialmente à universidade em março de 2021.

Desde o início, a finalidade do projeto consiste em produzir material para divulgação científica e cultural que atenda à comunidade externa e interna da universidade, visando sempre a integração de diversas áreas do conhecimento.