

TUDO ESTÁ CONECTADO **GRAVIDADE, TEMPO E EXISTÊNCIA**

VOL.2



LEANDRO DANIEL PORFIRO



editora
UEG

TUDO ESTÁ CONECTADO

GRAVIDADE, TEMPO E EXISTÊNCIA



**EDITORA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE GOIÁS**

Presidente

Antonio Cruvinel Borges Neto (Reitor)

Vice-Presidente

Claudio Roberto Stacheira (Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação)

Coordenadora Geral

Elisabete Tomomi Kowata

Assessor

Patrick Di Almeida Vieira Zechin

Analista de Gestão Governamental – Biblioteconomia

Andressa de Oliveira Sussai

Preparação de Originais

Patrick Di Almeida Vieira Zechin

Revisão Técnica

Patrick Di Almeida Vieira Zechin

Capa / ilustrações:

Guilherme Porfiro Silva | Ilustrações geradas por IA

Projeto Gráfico e Editoração

Adriana da Costa Almeida

Conselho Editorial

Adolfo José de Souza Andre (UEG-IAEL)

Daniel Blamires (UEG-IACSB)

Juliano Rodrigues da Silva (UEG-IACT)

Maisa Borges Costa (UEG-IACT)

Raphaela Christina Costa Gomes (UEG-IACAS)

Renata Carvalho dos Santos (UEG-IACSB)

Roseli Vieira Pires (UEG-IACSA)

Sebastião Avelino Neto (UEG-IACAS)

Sônia Bessa da Costa Nicácio Silva (UEG-IAEL)

Thiago Henrique Costa Silva (UEG-IACSA)

LEANDRO DANIEL PORFIRO

TUDO ESTÁ CONECTADO

GRAVIDADE, TEMPO E EXISTÊNCIA

VOLUME 2



ANÁPOLIS-GO | 2025

© Editora UEG – 2025

© Autor – 2025

A reprodução não autorizada desta publicação, por qualquer meio,
seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

Catálogo na Fonte
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brasil)

P835t Porfiro, Leandro Daniel.
Tudo está conectado: gravidade, tempo e existência / Leandro Daniel
Porfiro. – 1. ed. - Anápolis, GO : Editora UEG, 2025.
116 p. : il. – (Tudo está conectado, v. 2)

ISBN: 978-65-83606-18-1 (E-book)
ISBN: 978-65-83606-17-4 (Impresso)

1. Física - Ciência (Ensaio). 2. Filosofia da ciência. 3. Cosmologia. 4.
Existência - aspectos científicos. 5. Relação entre homem e universo. I. Série.

CDU: 531.5(15)

Elaborada por: Andressa de Oliveira Sussai, CRB-1 / 3032

Esta obra é em formato de e-Book e impresso e foi produzida com recursos do próprio autor. A exatidão das referências, a revisão gramatical e as ideias expressas e/ou defendidas nos textos são de inteira responsabilidade do autor.

EDITORA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
BR-153 – Quadra Área – CEP: 75.132-903 Fone: (62) 3328-4866 – Anápolis – GO
www.editora.ueg.br / e-mail: editora@ueg.br

*Aos que me mantêm ancorado à Terra
e me impulsionam às estrelas*

Milena, Davi, Miguel.

Aos meus pais

*Sebastião e Lúcia
e à família que moldou meu universo
com amor, cuidado*

e presença.

Em memória do meu tio

*Sidney Porfiro,
cuja presença agora habita
as constelações do meu afeto.*

SUMÁRIO

Prefácio – Gravidade e tempo: fundamentos invisíveis da existência	9
Apresentação	13
Introdução	19

Capítulo 1

GRAVIDADE: A ESCULTORA DE TODAS AS COISAS?	21
---	----

Capítulo 2

SERIA O TEMPO UMA ILUSÃO?	73
Referências	109

Prefácio

GRAVIDADE E TEMPO:

fundamentos invisíveis da existência

Nenhum conceito natural está tão associado à vida na Terra quanto a ideia de força gravitacional. Assim como a deusa Gaia da mitologia, a gravidade é uma grande mãe silenciosa que estrutura o cosmos, dá forma à matéria e mantém a coesão do mundo físico e biológico. Invisível, mas onipresente, ela esculpe desde o corpo dos seres vivos até as órbitas dos planetas, como uma divindade que age sem ser notada. Existe algo de palpável e objetivo na mitologia de Gaia. Seu corpo é um planeta. Sua potência, a força que atrai todas as coisas e seres para o seu íntimo para o seu centro. Assim, ela, a deusa gravidade, determina uma ordem. Por outro lado, existe outro colosso, que é Cronos, o senhor do tempo, o titã implacável que devora tudo, corpos, ideias, civilizações. O tempo é o senhor ilusório, cuja relatividade desafia nosso senso comum e cuja presença nos obriga à consciência da finitude, aquela angústia que só os humanos conhecem.

No segundo volume de “Tudo está conectado”, Leandro Daniel Porfiro conduz o leitor, com sua característica qualidade de escrita e habilidade científica, conhecidas de seu primeiro livro homônimo, a adentrar um universo onde ciência, filosofia e poesia se entrelaçam numa cosmogonia contemporânea. A gravidade, o tempo e a existência não são tratados apenas como conceitos científicos, mas como forças arquetípicas que moldam a realidade, tão poderosas e invisíveis quanto as divindades da mitologia grega.

Em “Tudo está conectado – volume 2”, a gravidade é Gaia, matriz invisível da coesão e da forma, e o tempo é Cronos, o devorador universal da experiência. Leandro traduz a ideia em sínteses líricas magistrais quando diz: “Somos filhos da gravidade, netos do tempo e bisnetos do acaso – ou do propósito.” Epígrafe nata para qualquer volume de ficção científica ou livro didático de divulgação de ciência. Ou ainda, pérolas de analogia clássica entre o ver, o sentir e a experiência adquirida da vivência dos sentidos: “A queda é inevitável, mas a jornada, essa sim, é fascinante.” Tanto Gaia quanto Cronos determinam o fluxo das ideias porfirianas, que são construídas com forte laço científico, mas adornadas de composições poéticas e ideológicas ativamente originais e equilibradas.

E em meio a essas forças, surge a consciência, talvez o Prometeu moderno, que ousa questionar, imaginar, resistir. É pela consciência que acessamos os mistérios da existência, que tentamos roubar o “fogo” da compreensão e iluminar com ideias aquilo que nos escapa aos sentidos. Leandro, em sua construção peculiar,

nada ingênua, mas de leitura envolvente e simples, como devem ser os bons escritos sobre ciência, conduz seu manual para além da introdução à Física Moderna, e ainda, mais que uma contemplação filosófica, é um mito presente. O livro é uma incursão ao entendimento do universo não apenas com o uso da razão, mas com o assombro, o deslumbramento, a dúvida e a intuição, essas potências antigas que ainda nos movem.

Deixemo-nos encantar pela subversão dos mitos gregos na condução segura de Leandro e mergulhem na leitura de “Tudo está conectado – volume 2”, como quem se propõe a uma aventura inefável. Deixe-se mergulhar no abismo como um novo Ícaro da imaginação, conheça o Prometeu e sua arte, e lembre-se, tudo está conectado, você inclusive.

Solemar Oliveira

Físico e escritor

APRESENTAÇÃO

Deitado na minha cama, olhando para o teto, vejo um mosquito parado de cabeça para baixo, em relação à minha posição. Mosquito danado, penso eu. Como consegue desafiar a gravidade? Sua massa é tão pequena que praticamente escapa da influência gravitacional. Mesmo com a gravidade agindo, os mosquitos conseguem ficar presos no teto graças a adaptações especiais em suas patas. Essas patas possuem pequenas estruturas, como garras e pelos minúsculos, que aumentam o contato com a superfície e criam forças adesivas bem pequenas, mas suficientes para segurar o mosquito, que é muito leve. Além disso, eles conseguem controlar a pressão com que tocam a superfície, permitindo que se fixem firmemente ou se soltem rapidamente quando querem voar.

Assim como o mosquito se adapta às forças invisíveis da gravidade, nós também nos ajustamos a elas — mas, ao contrário dele, buscamos compreender esses mistérios de forma consciente e criativa. Essa

adaptação e a capacidade de encontrar beleza na simplicidade dos fenômenos naturais nos levam a refletir sobre como construímos nossa própria realidade, utilizando tanto a ciência quanto a imaginação para desvendar os segredos do tempo, da existência e de tudo o que está conectado.

Descrever a natureza, cientificamente, sem utilizar a Matemática, é quase como contar uma história com poucos elementos de realidade. A Matemática é uma ferramenta poderosa, mas tem uma relação curiosa com a realidade: ela aceita soluções que, do ponto de vista físico, podem parecer absurdas — tempos negativos, dimensões invisíveis e até viagens no tempo. Isso nos mostra que, por mais precisa que seja, a Matemática ainda necessita de interpretação e contexto para realmente descrever o mundo.

Mais uma vez, utilizamos a ilusão para dar forma ao que concebemos como real. Por outro lado, a Matemática sozinha não garante uma compreensão completa e totalmente verdadeira da realidade, porque para ela a realidade pouco importa. Tanto é verdade que a Matemática aceita facilmente um cálculo de tempo em que o resultado é negativo, mas fisicamente esse valor não mostra a realidade. A Matemática é capaz de diminuir as ilusões e pode nos aproximar da realidade, mas sempre mediada por uma consciência humana.

Contudo, é na fusão entre a precisão dos números e a liberdade da imaginação que chegamos mais perto da realidade — uma realidade moldada não apenas pela ciência, mas também pelos nossos pensamentos e sentimentos.

Neste sentido, todas as discussões a serem realizadas nessa obra (sem o auxílio explícito da Matemática e das equações da Física) são aproximações grosseiras de conceitos e definições científicas a partir de uma visão filosófica, cujo objetivo é aproximar você, leitor, da ciência e da filosofia sem um viés ortodoxo e acadêmico.

Descrever a natureza é algo muito complexo. Por isso, utilizarei artifícios como a imaginação, exagero e comparações, para nos auxiliar o entendimento e, desta forma, permitir que pessoas comuns tenham acesso a esse tipo de conhecimento e, quiçá, até sejam despertadas para se aprofundarem e estudarem tais conceitos.



Fonte: Imagem gerada por IA.

Às vezes serei exageradamente criativo, levando você a imaginar coisas que parecem absurdas, mas não ignore o poder da imaginação, afinal, muitas coisas que hoje sabemos vieram da imaginação das pessoas.

Somos seres imersos em um universo de várias dimensões das quais conseguimos compreender algumas (comprimento, largura, altura, tempo) mas não todas. Tal aspecto pode gerar distorções em nossa imaginação. Neste momento, elas são necessárias, nem que seja para produzir novas sinapses que, no futuro, produzirão novas imagens mais corretas em nossos cérebros. Afinal, somos analógicos e biológicos e não digitais e artificiais.

A imaginação nos permite questionar o tempo, a gravidade e até mesmo viajar mentalmente para dentro de buracos negros. Einstein fez isso, Newton fez isso, e você também pode fazer.

Se quisermos entender o tempo e a gravidade, precisamos primeiro permitir que nossa mente vá além do que os olhos enxergam. Einstein não tinha um telescópio capaz de ver o espaço-tempo curvado – mas ele tinha algo tão poderoso quanto: a imaginação.

No meu primeiro livro, *Tudo está conectado: natureza, ciência e pensamento*, eu abordei a conexão entre as coisas que percebemos e a realidade que criamos em nosso cérebro e como isso está interligado com o universo de forma geral.¹

1 O e-book do meu livro está disponível gratuitamente em: <https://www.ueg.br/editora/referencia/12370>, mas caso queira comprar uma cópia impressa entre em contato comigo pelo Instagram: @fisicileandro. Ou por e-mail: fisicileandro@yahoo.com.br.

Agora, ampliando essa jornada, convido você a mergulhar em uma nova perspectiva: a influência da gravidade em nossas vidas, uma força que, silenciosa e constante, modela nossa existência de maneiras que muitas vezes passam despercebidas.

Neste volume, explorarei essas conexões a partir de uma nova perspectiva: a gravidade e seu impacto em nossa vida e existência.

Para tornar essa experiência mais instigante, sugiro que mantenha a mente aberta. As ideias que discutiremos podem mudar sua percepção do mundo — e depois disso, não há caminho de volta. A boa notícia é que um novo mundo surgirá e você se sentirá ainda mais conectado a tudo e a todos.

No primeiro capítulo, partirei das concepções de Newton até a compreensão de Einstein, para mostrar a você, leitor, como a gravidade é fascinante, instigante e misteriosa, influenciando diretamente o tempo e a nossa existência.

No segundo capítulo, falarei sobre o tempo e sua importância para a Física e especialmente a nossa percepção de sua existência e a sua influência em todas as coisas. Presente, passado e futuro coexistindo e se diferenciando ao mesmo tempo — uma nova forma de perceber o tempo. E por último, discuto a existência tanto da vida quanto das coisas e sua relação com o cosmos. Afinal de contas, para que ou para quem tudo isso? Por que estamos aqui?

Venha para mais essa aventura do pensamento e permita-me lhe oferecer novos olhares sobre aquilo que chamamos de realidade.

Você sabia que quando estamos deitados a gente engana a gravidade? Isso mesmo, deitar ajuda a diminuir o efeito da gravidade sobre nós. Então se queremos saber o que acontece com o corpo humano no espaço basta estudarmos o ser humano deitado. Isso foi feito e te conto neste livro.

No primeiro livro, adentramos a toca do coelho. Agora lhe convido a entrar no espelho, do qual nunca se ouviu dizer que alguém tenha conseguido escapar. Seria essa a entrada de um buraco negro ou seria apenas um buraco de minhoca? Só sabemos que estamos caindo, sempre caindo. A Lua caindo na Terra, a Terra caindo no Sol, o Sol caindo na galáxia. Espaço-tempo distorcidos gerando a ilusão de uma força atrativa: a gravidade.

A queda é inevitável — mas a jornada, essa sim, é fascinante. Venha comigo explorar esse universo interligado, onde gravidade, tempo e existência se entrelaçam de formas surpreendentes! Ah, e segure seu queixo... porque ele pode cair algumas vezes.

INTRODUÇÃO

Das diversas coisas do universo, a que mais me encanta e, ao mesmo tempo, me assusta, é — sem dúvida — a gravidade. Sua ação é silenciosa, como se seguisse uma sinfonia composta por ela mesma, e ao mesmo tempo, por ela executada. Uma dança cósmica que acontece há bilhões de anos, criando harmonia a cada passo invisível, moldando o universo como uma escultora paciente.

E aqui estamos nós: *Homo sapiens sapiens*, forjados no interior de estrelas antigas, carregando em nós os átomos gerados nas explosões de supernovas. Olhamos para o céu e, mesmo sem perceber, buscamos entender as forças que nos trouxeram até aqui.

Talvez sejamos a parte consciente do universo tentando compreender a si mesma.

Neste livro, quero te convidar a embarcar comigo nessa viagem pela gravidade, pelo tempo e pela própria existência. A ideia não é apenas ensinar Física, mas

provocar o pensamento. Não é apenas expor dados, mas inspirar perguntas.

A gravidade, que tanto influencia nossas vidas sem sequer se anunciar, ganha aqui o papel de protagonista. Descobriremos juntos como ela atua em nossos corpos, molda o tempo e sustenta o delicado equilíbrio da existência.

Se no primeiro volume caminhamos por entre natureza, ciência e pensamento, agora nos lançamos num mergulho mais profundo — como quem atravessa o espelho e descobre que tudo está conectado de formas ainda mais surpreendentes.

Para isso, usarei comparações, exageros, experimentos mentais e metáforas — sem perder a responsabilidade com o conhecimento, mas com a liberdade de quem acredita que a ciência também pode emocionar.

Afinal, como dizia Carl Sagan, somos feitos de poeira de estrelas. E é olhando para essas estrelas que começamos a entender que a gravidade, o tempo e a própria existência estão entrelaçados em uma trama mais profunda do que conseguimos imaginar.

Venha comigo. Então segure-se, pois a jornada está apenas começando. Bem-vindo ao fantástico mundo das coisas invisíveis.

Tudo começa com o que não se vê!

Capítulo I

GRAVIDADE: A ESCULTORA DE TODAS AS COISAS?

*“As respostas que buscamos sobre
nossa existência podem estar
escondidas não no futuro, mas
nas sombras de um passado que
ainda não compreendemos.”
“Eram os Deuses Astronautas?”*

ERICH VON DÄNIKEN

Embora a gravidade seja uma força que raramente notamos no dia a dia, ela está sempre presente – moldando, sustentando e, em certa medida, esculpindo tudo o que existe ao nosso redor. Vamos explorar, a seguir, como essa força invisível se manifesta em nossas experiências cotidianas.

SENTINDO A GRAVIDADE NO NOSSO DIA A DIA: AFINAL, A GRAVIDADE É UMA FORÇA OU UMA ILUSÃO?

Apesar de não a percebermos no dia a dia, a gravidade está muito mais presente em nossas vidas do que possamos imaginar. Diferentemente de um choque elétrico, que sentimos rapidamente, a gravidade muitas vezes passa despercebida porque não conseguimos senti-la, a não ser pela sua ausência. Os astronautas conhecem bem essa sensação da ausência da gravidade;

porém, as pessoas no geral dificilmente experimentaram ou experimentarão a ausência da gravidade, e não podem compreender sua ação ou a falta dela no corpo humano.

Alguns corajosos que brincam em parques de diversão (loucura chamar aquilo de brinquedos) conseguem perceber o aumento ou a diminuição da ação gravitacional no corpo através da aceleração e desaceleração dos brinquedos. Alguns simulam até a queda livre.

Se você já esteve naquele brinquedo que é uma torre alta, cheia de assentos que são levantados até uma determinada altura e depois caem em queda quase livre,



Fonte: Imagem gerada por IA.

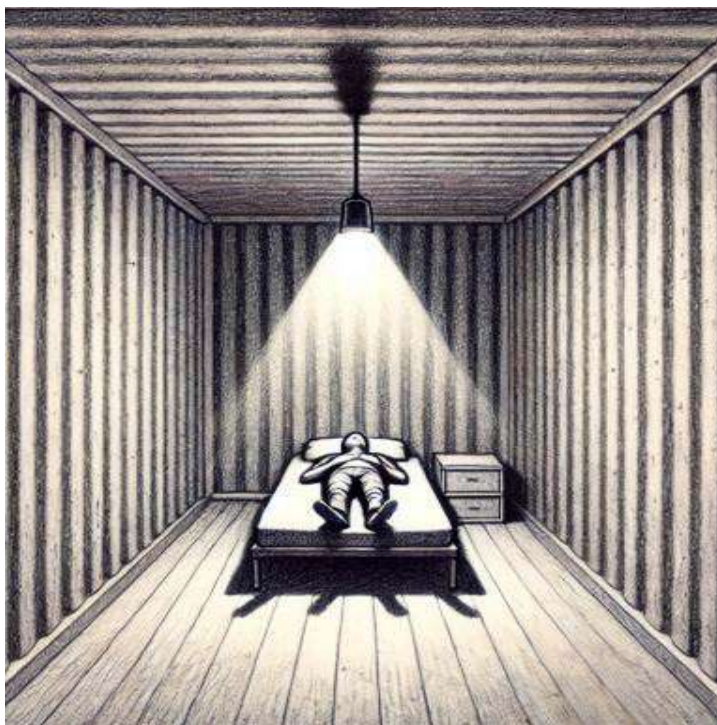
você saberá do que estou falando. Ele gera a sensação de queda livre e, por alguns segundos, você sente seu corpo mais leve, como se estivesse desgrudando do assento. Por outro lado, há outros brinquedos, especialmente aqueles que giram muito rápido, que te fazem sentir como se possuísse o dobro do seu peso, a ponto de se sentir esmagado contra o assento.

A verdade é que, se o brinquedo tivesse uma velocidade constante, ninguém gostaria. As pessoas buscam exatamente a variação da velocidade, ou seja, a aceleração. É ela que nos dá emoção. E onde tem aceleração, tem força (lembra-se da 2ª Lei de Newton? $F=m.a$?). Isso vale para gravidade também, pois se aceleramos para cima ficamos mais pesados e se aceleramos para baixo ficamos mais leves, ou seja, a gravidade é uma aceleração e, apesar de não ser uma força em si, ela age como se fosse. Mas quem provoca a gravidade? Mais a frente te respondo isso, vem comigo.

Imagine que você esteja dormindo dentro de um contêiner fechado sem janelas, mas com oxigênio suficiente para você.

Ele está deslizando sobre um chão de gelo muito liso (não importa quem colocou ele para deslizar, apenas imagine!) e com velocidade constante. Quando você acordar, saberá se está parado ou em movimento?

A resposta é não. Porque nós não percebemos a velocidade constante, apenas a sua variação. Na Física chamamos essa variação de velocidade de aceleração. Sempre que a velocidade estiver variando, seja aumentando ou diminuindo, haverá aceleração. Nos brinquedos de parque de diversão é a aceleração que sentimos.



Fonte: Imagem gerada por IA.

Particularmente, eu também gostava de ir a parques de diversão, até ter feito o curso de Física. Atualmente acho perigoso para saúde, exatamente por conta das bruscas acelerações e desacelerações provocadas em nosso corpo (não temos treinamento para isso e podem ocorrer variações no fluxo sanguíneo que podem se complicar no cérebro, pesquisem!), mas quando tenho que ir vou à lagarta, no carrossel ou no carrinho de bate-bate.

Quem já voou de avião também já sentiu essa aceleração quando o avião está decolando. Os astronautas, por exemplo, podem experimentar até 5 vezes o valor da aceleração da gravidade quando estão no foguete indo

para o espaço. Pilotos de aviões supersônicos também experimentam uma aceleração parecida. Tanto os astronautas quanto os pilotos são treinados para essas situações e, mesmo assim, podem ocorrer breves desmaios, porque a aceleração altera a circulação do sangue no corpo, dificultando a chegada do oxigênio no cérebro. Por isso eles utilizam trajes especiais que ajudam a manter a pressão do corpo estável. Esses macacões anti-G são pressurizados e pressionam as pernas e o abdômen dos pilotos para evitar que o sangue desça.

Para se ter uma ideia do quão importante é o treinamento dos pilotos para suportarem um aumento da gravidade (que, dependendo da aeronave, pode chegar a 9G), durante certas manobras, eles podem ficar desacordados por até 30 segundos. Se o piloto estiver pilotando um caça F-22 a uma velocidade de mach-2 (2450 km/h) ele terá percorrido aproximadamente 20 km. Muito, não é mesmo?



Fonte: Imagem gerada por IA.

Agora que você já entendeu que a gravidade é um tipo de aceleração, vamos em frente.

POR QUE ESTAMOS SEMPRE CAINDO?

Fonte: Imagem gerada por IA.



Muitas coisas da vida nós só compreendemos quando não temos mais, ou seja, percebemos pela ausência e a gravidade é uma delas. Mas há outra forma de percebermos a gravidade, geralmente não muito boa, que é através de uma queda, seja saltando de paraquedas, seja saltando de uma cachoeira ou mesmo tropeçando em uma calçada e caindo no chão. A força que atua para que a queda ocorra é sempre a gravidade. A massa do planeta Terra é muito maior do que a nossa e, por isso, ela provoca uma gravidade que nos puxa para seu centro. O engraçado é que nós exercemos a mesma força no planeta, puxando-o para nós (lembram-se da 3ª Lei de Newton? Toda ação é igual a uma reação...), mas, como temos a massa muito menor, somos nós que

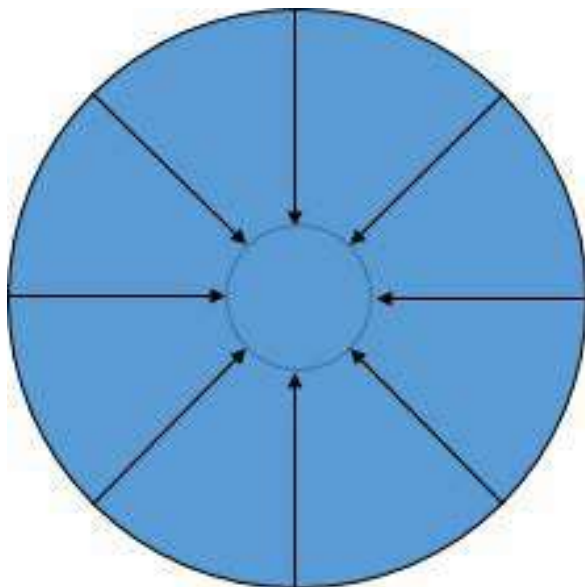
nos deslocamos em direção à Terra e só não caímos para dentro dela porque o chão é sólido. Mas experimente fazer um buraco que atravessasse o planeta (vamos falar disso logo mais)!

Por enquanto, vamos assumir a gravidade como a força que o planeta Terra faz sobre todas as coisas que estão na superfície e perto dela, puxando tudo para seu centro. E, para fins didáticos, assumiremos a Terra como uma esfera perfeita e a gravidade como constante em todo o planeta, apontando sempre para o centro.

A partir de experiências pessoais, as pessoas podem chegar à conclusão de que há uma força que nos puxa para baixo. Tanto é que, ao observarmos um pé de manga carregado de mangas, basta um ligeiro vento e várias mangas maduras caem no chão. Às vezes, nem vento precisa, elas caem de maduras. Quem as puxou para o chão? A gravidade (e se esse pé de mangas carregado estivesse no espaço, as mangas cairiam? Para onde?). Lembrem-se que nada sai do lugar sem que haja uma força para tirá-lo de lá (inércia).

Dizem que Newton teve a mesma percepção, porém com maçãs; até contam histórias dizendo que uma maçã teria caído em sua cabeça, mas não há nada que comprove isso. Porém, ele observou, estudou e discutiu esse fenômeno em suas obras (*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*) e isso revolucionou o nosso conhecimento sobre a natureza. Seus estudos permitiram que diversos físicos, incluindo Einstein, conseguissem observar além das aparências determinísticas de Newton, para propor a gravidade como consequência da curvatura do espaço-tempo (Einstein).

Imagine que você jogue uma pedra para frente. Até onde ela vai? Você poderia dizer: depende da força que eu aplico. E eu te respondo: até certo ponto você está correto. Se compararmos a força de um adulto e de uma criança, o adulto conseguirá fazer a pedra chegar mais longe. Mas o quão longe ela pode ir?



*Representação da força gravitacional na
Terra apontando para seu centro*

Agora imagine que, ao invés de uma pessoa lançando uma pedra, nós atirássemos uma bala de canhão. Fisicamente, podemos prever aproximadamente aonde a bala do canhão chegará, basta sabermos a velocidade com a qual ela foi lançada e o ângulo em que o canhão foi direcionado. O maior alcance será para um ângulo de 45° .

Mas e se lançarmos essa bala com muita velocidade, onde ela irá cair? Ela continuará caindo na Terra, mas não tocará no solo. Doido, né? Vem comigo que vou te explicar. É claro que precisamos adotar algumas medidas para que esse nosso experimento mental esteja coerente. Vamos considerar que a resistência do ar não existe e que a Terra é esférica.

Que o planeta Terra é curvo, não temos dúvidas. Mas você sabe qual o tamanho dessa curvatura? Quantos metros são necessários percorrer em linha reta para que, observando o horizonte, percebamos a curvatura? São necessários 8.000 metros, ou seja, 8 km para que percebamos a curvatura da superfície da Terra. Isso quer dizer que, se estivéssemos sentados à beira do mar e observássemos com um binóculo um barco a uma distância de 8 km, enxergaríamos apenas a ponta do seu mastro. Algo mais ou menos assim:

Vamos voltar à ideia do canhão. Imagine que posamos ignorar o atrito da bala de canhão com o ar e que ele tenha potência suficiente para lançar a bala com uma velocidade de 8.000 m/s. Ou seja, ela vai percorrer 8 km em 1 segundo. Mas precisamos lembrar que, mesmo não tendo atrito, existe gravidade e, enquanto a bala viaja para frente, ela também está caindo em direção ao chão, porque a Terra está puxando.

E se a bala conseguisse viajar mais rápido do que ela consegue cair? Se quando ela estivesse para cair, já houvesse atingido essa curvatura da Terra, o que aconteceria?

Ela continuaria caindo, mas como já teria passado a curvatura, ela continuará caindo, e caindo e caindo,



Fonte: Imagem gerada por IA.

porém, na curvatura da Terra e nunca encontrará o chão. Ela estará sempre caindo (sem cair verdadeiramente). Ou seja, ela entrará em órbita ao redor da Terra. Legal, não é?

Mas talvez você se pergunte quanto cai a bala de canhão quando percorre 8 km em 1 segundo? E a resposta é aproximadamente 5 metros. Ou seja, qualquer objeto solto de uma altura de 5 metros gastará apenas 1 segundo para cair e tocar o chão.

Resumindo, sempre que um objeto conseguir voar mais rápido do que 8 km/s entrará em órbita em torno da Terra.

Este fenômeno também ocorre com o nosso planeta em torno do Sol, da Lua em torno da Terra e assim

para todos os astros. A diferença é que estes astros não estão caindo em algum lugar, mas em volta de algum lugar. A Terra cai em volta do Sol, a Lua cai em volta da Terra e do Sol. Os satélites estão caindo em volta da Terra. Tudo está caindo, incluindo nós. Por quê? Por causa da gravidade.

E a gravidade afeta tanto a nossa vida quanto contribui para a nossa existência. Não é à toa que a ausência ou diminuição da gravidade nos causa tantos problemas.

Agora que exploramos a ideia de que estamos todos constantemente caindo devido à ação gravitacional, há algo curioso que preciso contar. Talvez soe estranho no começo, mas pode mudar a forma como você enxerga a gravidade.

GRAVIDADE: A FALSA FORÇA

Agora que já falei muitas coisas sobre a gravidade, preciso contar uma coisa que vai te dar estranheza: a gravidade não é uma força, é uma aceleração. Einstein demonstrou isso ao reformular a gravidade como a curvatura do espaço-tempo. Podemos fabricá-la artificialmente acelerando as coisas (lembra-se dos brinquedos de parques de diversão?). Então, essa aceleração é equivalente à gravidade.

Mas para nós, em nosso referencial local, no nosso dia a dia, a gravidade funciona como uma força e os nossos cálculos funcionam também. Então, mesmo ela não sendo uma força propriamente, ela atua como uma. Afinal, tudo que acelera pode ser calculado como

se fosse uma força, porque fisicamente falando força é igual à massa vezes a aceleração. Se um corpo aumenta ou diminui sua velocidade, é porque ele está sendo impulsionado ou freado por uma força, mesmo que essa força não exista de verdade, entende?

Eu sei que é um pouco contraintuitivo, mas vamos imaginar umas coisas legais para ilustrar, me acompanhe.

Quando você está dentro de um carro e este carro faz uma curva para direita, para qual lado seu corpo é empurrado? Isso mesmo, para esquerda. Mas, tem alguém te empurrando? Um fantasma? Um Jedi? Não, não tem. Ou seja, não tem ninguém te empurrando, mas você sente essa falsa força, que denominamos de força centrífuga (força fantasma). Quando a Física vai calcular esse empurrão ela calcula usando força centrípeta, porque há uma aceleração (centrípeta) envolvida. Percebe que não tem uma força real, mas o efeito sobre nós é real?

Mas então por que somos empurrados para a esquerda? Por causa da inércia. O carro estava indo em linha reta e quando ele vira para direita, seu corpo tende a continuar em linha reta, ou seja, o carro é quem vira e seu corpo quer permanecer em linha reta e isso causa um falso empurrão no nosso corpo, que sentimos como se fosse uma força, mas não é. Porém, atua como se fosse. Para o nosso corpo é uma força, é assim que ele interpreta.

Com a gravidade acontece algo parecido, a massa da Terra causa uma curvatura no tecido do espaço-tempo e tudo que está perto tende a cair na Terra, ou seja, qualquer corpo sentirá uma aceleração puxando-o

para a Terra, mas não é uma força real e sim aceleração causada por essa curvatura. Em nosso referencial, podemos olhar para ela como se fosse uma força, já que tem aceleração e pode ser calculada como uma. É assim que a Física trabalha, ela faz observações, coleta dados, equaciona tudo e apresenta os resultados.

É quase intuitivo pensar que, se algo está acelerando, tem alguém empurrando, ou seja, todo efeito tem uma causa anterior. Para a Física Clássica esse determinismo é visto praticamente como uma premissa fundamental. Se tem algo acontecendo, teve algo que causou. Mas quando adentramos a Física Moderna, especialmente a Física Quântica, as premissas determinísticas desaparecem e entra em cena a aleatoriedade, a probabilidade, e causa e efeito perdem o sentido. Mas este é um assunto para um terceiro livro.

Agora que já entendemos que a gravidade não é uma força real, mas uma aceleração, vale a pena refletir sobre como essa aceleração influencia nossa vida de formas surpreendentes.

Mesmo sabendo que a gravidade não é uma força de verdade, vou continuar chamando às vezes de “força gravitacional” para facilitar nossa conversa. Isso porque, no dia a dia e em muitos cálculos da Física, é prático pensar nela como uma força, já que tudo que acelera pode ser tratado como força usando a famosa fórmula $F = m.a$. É como a força centrífuga no carro: ninguém está te empurrando de verdade, mas o efeito é tão real que podemos calcular como se fosse uma força. Com a gravidade é a mesma coisa!

GRAVIDADE E VIDA

Grande de dia, pequeno de noite

Todos os dias nós acordamos maiores do que éramos quando fomos dormir. É isso mesmo, você não leu errado. Não acredita? Faça o teste, meça-se alguns dias ao acordar, sem roubar, sem dar aquela levantadinha nos pés, hein. E quando chegar a hora de dormir, meça-se novamente. É possível que pela manhã você esteja de 1cm a 1,5 cm mais alto.

Mas por que isso acontece? Porque durante o dia nós estamos em pé ou sentados de forma ereta e a gravidade atua sobre nós na vertical, da cabeça para os pés, e isso pressiona a nossa coluna para baixo. Quando nos deitamos para dormir, o nosso corpo fica na horizontal e aquela força gravitacional que estava pressionando para baixo não atua mais na nossa coluna, que agora está deitada na cama. Com isso, os discos, entre as vértebras da coluna, ficam levemente relaxados e a coluna se estica um pouquinho.

Isso é tão real que a Nasa utilizou este princípio para treinar astronautas que iriam para o espaço. Ela os colocou deitados por dias e tudo que eles precisavam fazer, faziam deitados. Esta investigação tinha como objetivo analisar como o corpo humano se comportaria num ambiente de baixa gravidade como o espaço. Para simular essa baixa gravidade, eles tiveram a brilhante ideia de colocar os astronautas deitados porque assim a gravidade não atuaria diretamente no corpo.

Agora imagine você comer, beber água, escovar os dentes, dormir e acordar e continuar deitado. Imagine

aquelas coisas que precisamos fazer com frequência no banheiro, socorro!

Quem diria que a falta da gravidade afetaria tanto a nossa vida, não é mesmo? Este estudo foi publicado num livro muito bom e que eu indico chamado *Gravidade*, de Joan Vernikos e Thais Russomano (médica e cientista brasileira). A propósito, ele não tem nada a ver com aquele filme de ficção chamado *Gravidade* (com a Sandra Bullock).

Se a falta de gravidade nos afeta tanto assim, podemos dizer que os nossos corpos foram criados e evoluíram para atuar sobre sua ação, mas como os átomos saberiam da existência da gravidade antes de se juntarem? Quando as moléculas, que são partículas muito leves, estavam vagando por aí, a força que poderia gerar alguma aceleração era principalmente a força elétrica, já que força gravitacional não conseguiria atuar em partículas muito pequenas. Mas quando essas partículas começaram a se juntar, elas começaram a curvar o tecido do espaço-tempo e gerar atração em quem estava perto. Muito fascinante isso.

DESMAIO

Uma tecnologia cerebral

São inúmeras as situações que podem levar uma pessoa a desmaiar, mas em todas elas, é o cérebro que está sendo assistido, por causa da gravidade. Estranho? Vem que eu te mostro.

Quando uma pessoa está com a pressão baixa, por exemplo, significa que o sangue está com dificuldade de

circular e levar oxigênio, especialmente para o cérebro. Uma das dificuldades enfrentadas pelo sangue é justamente a gravidade, pois quando a pessoa está em pé o sangue tem que lutar contra a força gravitacional para chegar até o cérebro. Aí o desmaio ocorre como uma defesa do corpo para que o sangue volte a circular com mais facilidade. Por isso é importante que uma pessoa desmaiada fique deitada para que o sangue consiga fluir.

Na Estação Espacial Internacional (ISS), onde há a sensação de que a gravidade é praticamente inexistente, os corpos dos astronautas não enfrentam o mesmo desafio de ter que bombear sangue para o cérebro contra a força gravitacional, porque o sangue não precisa subir ou descer. Ele se distribui de forma mais uniforme pelo corpo.

Na verdade, a gravidade ainda está presente ali com cerca de 90% da intensidade que sentimos na Terra. O que acontece é que tanto a estação quanto os astronautas estão em queda livre contínua ao redor do planeta, o que cria essa sensação de ausência de peso — chamada de microgravidade.

Isso cria uma sensação curiosa: o rosto dos astronautas fica mais inchado, enquanto as pernas ficam mais finas — algo conhecido como síndrome cabeça-pés. Para evitar complicações cardiovasculares, eles treinam intensamente todos os dias, usando equipamentos que simulam esforços físicos como corrida e levantamento de peso. Mesmo assim, o corpo humano não foi projetado para viver sem gravidade, e quando os astronautas voltam à Terra, seus corpos precisam reaprender a lidar com a gravidade, o que pode levar a tonturas, perda de

equilíbrio e até desmaios nos primeiros dias. Fascinante como o nosso corpo está integrado à natureza!

O curioso disso é que os mesmos sintomas podem ser observados em pessoas acamadas quando se levantam, ou mesmo em pessoas sedentárias. A massa muscular cardíaca diminuí num ambiente de microgravidade e os vasos sanguíneos ficam mais finos. O sedentarismo também causa anormalidades no ritmo cardíaco.

Outro fato curioso é que no espaço os astronautas perdem cerca de 15% do volume plasmático, o que quer dizer que a parte líquida do sangue diminui. Essa redução faz com que as hemácias, que são as células responsáveis por transportar o oxigênio, fiquem mais concentradas e, com o tempo, o corpo produza menos delas, podendo haver uma perda de até 24% no total. Essa mudança ocorre porque, na microgravidade, os fluidos do corpo se redistribuem, levando os rins e hormônios a agirem para restabelecer o equilíbrio dos líquidos. Felizmente, quando os astronautas retornam à Terra, o organismo vai se ajustando gradualmente e os níveis normais de plasma e hemácias são recuperados.

O astronauta brasileiro Marcos Pontes, em uma entrevista, comentou que até o gosto das comidas muda no espaço. E vocês achando que a gravidade era só para fazer a gente cair!

Tudo o que existe na Terra evoluiu sob a influência da gravidade, desde as amebas até os dinossauros, cada um experimentando seus efeitos em diferentes graus. Até mesmo nossa atmosfera permanece ligada

ao planeta por causa dela; sem a gravidade, tudo se dispersaria. Por isso, podemos dizer que a gravidade é a grande escultora da vida. De modo semelhante, pessoas que, por motivos diversos, precisam ficar deitadas por longos períodos podem desenvolver problemas circulatórios, renais e outros, já que a posição horizontal reduz artificialmente a influência da gravidade sobre o corpo, provocando esses efeitos adversos. Você percebe como gravidade e a vida estão intimamente conectadas?

Se a gravidade influencia tanto aspectos fundamentais da nossa biologia e evolução, imagine o que aconteceria se sua ação sobre o próprio planeta fosse alterada. Quais seriam os efeitos se a relação gravitacional entre a Terra e a Lua fosse diferente?

IMAGINE QUE A LUA SE APROXIMASSE DA TERRA

Quais efeitos essa mudança traria, inclusive na influência da gravidade?

A gravidade molda tudo ao nosso redor – das galáxias ao formato do nosso próprio corpo. Mas e se a relação entre força e matéria não fosse exatamente como a conhecemos? Será que ainda estaríamos aqui para nos questionarmos sobre tudo isso?

E não estamos falando apenas do impacto sobre os seres humanos, mas sobre o próprio planeta. A Lua, nosso satélite natural, desempenha um papel crucial na estabilidade da Terra, controlando as marés e até mesmo a inclinação do eixo terrestre. Mas e se essa



Fonte: Imagem gerada por IA.

dança gravitacional entre Terra e Lua fosse alterada? Quais seriam as consequências?

Se a Lua se aproximasse demais da Terra, teríamos um aumento significativo das marés, mais erupções vulcânicas e tempestades com ventos ainda mais fortes – não seria apenas a atmosfera a sentir os efeitos. O campo gravitacional da Terra, que mantém nossa atmosfera ancorada ao planeta, poderia sofrer alterações importantes. Lembre-se de que a Lua exerce uma influência estabilizadora sobre a inclinação do eixo terrestre, fundamental para manter nossos ciclos climáticos previsíveis. Uma aproximação excessiva,

porém, poderia causar uma instabilidade gravitacional, desequilibrando a relação delicada entre os dois corpos celestes.

Essa instabilidade na dança gravitacional entre Terra e Lua pode desencadear efeitos ainda mais profundos. Agora, pense no campo magnético da Terra, nossa armadura invisível. Ele nos protege dos ventos solares – aquelas partículas carregadas vindas do Sol que poderiam destruir nossa atmosfera e, consequentemente, a vida no planeta. O campo magnético terrestre é gerado pelo movimento do ferro líquido no núcleo da Terra, e mudanças na gravidade devido à proximidade lunar poderiam, hipoteticamente, influenciar esse movimento. Isso, por sua vez, poderia enfraquecer o campo magnético em algumas regiões ou causar alterações que deixassem o planeta mais vulnerável aos ventos solares.

Se o campo magnético se enfraquecesse o suficiente, os ventos solares poderiam começar a arrancar lentamente a atmosfera superior, como já aconteceu com Marte – que perdeu a maior parte de sua atmosfera quando seu campo magnético praticamente desapareceu. É fascinante pensar que uma mudança na dança gravitacional entre Terra e Lua poderia ter repercussões tão profundas, não é? É o tal do ajuste fino da natureza.

Mas poderíamos nos perguntar: como seria viver sem a ação da gravidade? Ainda não sabemos ao certo, mas pesquisas importantes estão sendo realizadas na ISS e em outros laboratórios para verificar a influência da microgravidade em organismos vivos.

Alguns organismos incríveis, chamados extremófilos, conseguem sobreviver em condições extremas, inclusive no espaço. Exemplos notáveis incluem os tardígrados, que entram em um estado de hibernação quase indestrutível, sobrevivendo ao vácuo e à radiação cósmica; fungos como o *Cladosporium sphaerospermum*, que metabolizam radiação e resistem a ambientes extremos; e a bactéria *Deinococcus radiodurans*, famosa por sua capacidade de suportar altas doses de radiação e sobreviver no exterior da ISS. Além disso, líquens e esporos bacterianos, como os do gênero *Bacillus*, também demonstraram uma impressionante resistência ao vácuo e à radiação, evidenciando a incrível capacidade da vida de persistir em ambientes aparentemente inóspitos.

Já imaginou quantas tecnologias poderemos criar nas próximas décadas com base nesse conhecimento? Roupas especiais que suportem radiação e vácuo, por exemplo. E quiçá no futuro tenhamos viagens espaciais acessíveis a todos. Que tal passar alguns dias na Lua? Só que vale avisar: um único dia lunar — do nascer ao pôr do Sol — dura cerca de 29 dias terrestres. Isso mesmo, quase um mês inteiro.

Tudo isso revela uma verdade silenciosa: a gravidade não apenas mantém o que existe, ela define o que pode existir. Seu equilíbrio delicado sustenta o clima, o campo magnético, a atmosfera — e, por extensão, a própria possibilidade de vida.

Mas o que acontece quando essa força, que regula até os ritmos do planeta, interage com algo ainda mais profundo?

Porque a gravidade não age sozinha. Ela molda também aquilo que sentimos escorrer entre os dedos: o tempo.

Mas a gravidade não governa sozinha. Existe um outro elemento igualmente misterioso e fundamental: o tempo. Afinal, como podemos falar da influência da gravidade sem considerar o tempo em que essas forças atuam? O universo não é apenas um palco fixo onde os corpos se movem; ele é um fluxo contínuo, onde tudo está em transformação. Vamos agora explorar a outra metade dessa equação cósmica: o tempo.

Se a gravidade influencia tanto o nosso corpo e até o destino das estrelas, ela também governa a própria estrutura do tempo. Segundo Einstein, tempo e espaço são inseparáveis, e a gravidade pode dobrá-los, esticá-los e desacelerá-los. Assim, não podemos falar de um sem falar do outro.

E SE A GRAVIDADE DIMINUÍSSE DRASTICAMENTE?

Se a gravidade diminuísse drasticamente, teríamos vários problemas de saúde, que já foram observados em astronautas:

- ✓ Efeitos da Microgravidade no Corpo Humano;
- ✓ Perda de massa muscular – Os músculos atrofiam porque não precisam sustentar o peso do corpo;
- ✓ Diminuição da densidade óssea – Ossos perdem cálcio, aumentando o risco de osteoporose;

- ✓ Alterações na visão – A pressão nos olhos pode mudar, causando dificuldades visuais;
- ✓ Problemas no sistema circulatório – O sangue se redistribui, fazendo com que os astronautas tenham rostos inchados.

Esses são alguns dos problemas que os astronautas enfrentam por estarem num ambiente hostil (hostil à vida humana nos moldes em que ela foi concebida). Para diminuir esses efeitos, os programas espaciais implementam rigorosos regimes de exercícios físicos para os astronautas durante suas missões, além de cuidados médicos antes e depois das viagens espaciais. Também estão sendo realizadas pesquisas contínuas para desenvolver melhores maneiras de proteger a saúde dos astronautas no espaço por longos períodos, especialmente em preparação para missões mais longas, como viagens a Marte.

Além desses aspectos, os astronautas também passam por mudanças no paladar e no olfato. Como o sangue se concentra mais na cabeça em um ambiente de microgravidade, ocorre uma constipação nasal que afeta sensivelmente o olfato e o paladar dos astronautas. Por este motivo as agências espaciais têm investido em alimentos mais temperados e mais variados para que os astronautas não percam a vontade de comer no espaço. Esse fenômeno é conhecido como *blandness*, que seria a diminuição da satisfação com o sabor dos alimentos ao longo do tempo.

A congestão nasal também afeta a audição porque ela afeta a tuba auditiva, que liga a garganta à orelha

média. Isso pode resultar em uma sensação de ouvidos entupidos, afetando a audição. Além disso, há o risco da perda auditiva pela exposição excessiva e prolongada a ruídos. Numa nave há vários ruídos e todos podem ser ouvidos já que é um sistema fechado. O astronauta Marcos Pontes, relatou, num *podcast*, sobre estes tipos de problemas e que ficou surdo de um dos ouvidos depois que foi ao espaço.

Estes exemplos e situações evidenciam o quanto a nossa existência é dependente da gravidade. Tudo isso porque o nosso corpo foi gerado e adaptado à realidade do nosso planeta Terra, cujas características próprias impõem à vida condições específicas de existência e sobrevivência. Resumindo, a gravidade interfere diretamente na nossa existência e, sem ela neste valor ($9,8 \text{ m/s}^2$), a vida como a conhecemos não existiria, até porque, outros parâmetros (ajustes finos) do planeta são regulados por ela.

Se a falta de gravidade altera a forma como a matéria se comporta imagina o excesso de gravidade, o que não poderia causar? No universo, estes lugares de altíssima gravidade são chamados de buracos negros. Vamos falar um pouco mais sobre eles.

BURACOS NEGROS

Quando a gravidade desafia o tempo

Estrelas muito massivas, com massas superiores a aproximadamente oito vezes a do nosso Sol, passam por uma série de processos de fusão nuclear em seus núcleos, sintetizando elementos cada vez mais pesados.

Inicialmente, elas fundem hidrogênio em hélio. À medida que o hidrogênio se esgota, o hélio é fundido em carbono e oxigênio. Com o esgotamento do hélio, essas estrelas iniciam a fusão de elementos mais pesados em uma sequência de estágios:

Fusão do carbono: forma neônio e magnésio

- ✓ Fusão do neônio: gera oxigênio e magnésio;
- ✓ Fusão do oxigênio: produz silício, enxofre e outros elementos;
- ✓ Fusão do silício: leva à formação de elementos próximos ao ferro na tabela periódica.



Fonte: Imagem gerada por IA.

Esse processo continua até a formação de um núcleo rico em ferro. No entanto, a fusão de elementos além do ferro não libera energia suficiente para sustentar a pressão contra a gravidade. O colapso do núcleo leva a uma explosão de supernova, espalhando elementos pesados pelo universo.

O ferro das estrelas está no nosso sangue, o cálcio nos ossos e o oxigênio que respiramos veio de processos cósmicos. Veja como os elementos que formam nosso corpo têm origem no coração das estrelas:

Tabela 1 – Elementos e Funções no Corpo Humano

Elemento	Função no Corpo Humano
Oxigênio	Componente essencial da água e de moléculas orgânicas; fundamental para a respiração celular.
Carbono	Base de todas as moléculas orgânicas; forma a estrutura de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos.
Hidrogênio	Parte da água e de moléculas orgânicas; participa em reações químicas e na produção de energia.
Nitrogênio	Componente de aminoácidos (proteína) e Ácidos nucleicos (DNA e RNA); essencial para o crescimento e reparo dos tecidos.
Cálcio	Importante para a formação e manutenção de ossos e dentes; participa na coagulação sanguínea, contração muscular e transmissão de impulsos nervosos.
Fósforo	Componente de ácidos nucleicos e ATP (molécula de energia); contribui para a formação de ossos e dentes.
Enxofre	Presente em alguns aminoácidos e vitaminas; essencial para a síntese de proteínas e função enzimática.
Ferro	Componente da hemoglobina, responsável pelo transporte de oxigênio no sangue; participa em processos do metabolismo.
Zinco	Necessário para a função de diversas enzimas; contribui para o sistema imunológico, cicatrização e síntese de DNA.
Cobre	Participa na formação de hemoglobina e colágeno; atua no sistema nervoso e na pigmentação da pele.

Elemento	Função no Corpo Humano
Iodo	Essencial para a produção de hormônios da tireoide, que regulam o metabolismo.
Selênio	Atua como antioxidante; importante para a função da tireoide e sistema imunológico.

Fonte: Adaptado de Arizona State University (2025); Nuno35 (2007).

Carl Sagan estava certo ao dizer que somos poeiras das estrelas.

Quando uma estrela massiva (acima de 20 vezes a massa do Sol) esgota seu combustível nuclear, ela não consegue mais equilibrar a força gravitacional que a puxa para dentro. Consequentemente, seu núcleo colapsa, desencadeando uma explosão de supernova. Se o núcleo remanescente for suficientemente massivo, ele continuará a se contrair até formar um buraco negro — uma região do espaço onde a gravidade é tão intensa que nem mesmo a luz pode escapar. Como não podemos observar diretamente os buracos negros, detectamos sua presença através do disco de acreção que os circunda: matéria em queda livre que aquece e emite radiação intensa. Foi assim que, em 2019, cientistas capturaram a primeira imagem de um buraco negro no centro da galáxia M87.

Apesar desses avanços, o interior dos buracos negros continua sendo um mistério. As leis da física, como as conhecemos, perdem sua validade nessas condições extremas, e pesquisas em áreas como gravidade quântica e teoria das cordas tentam unificar a relatividade geral e a mecânica quântica para descrever esses fenômenos. Um dos avanços mais promissores foi a

detecção de ondas gravitacionais, que surgem quando buracos negros colidem. Essas ondas, que viajam pelo universo, permitem que cientistas estudem eventos cósmicos sem precisar observá-los diretamente.

Na Via Láctea, estima-se a existência de cerca de 100 milhões de buracos negros. Mas por que eles não sugam tudo ao redor? Porque, ao contrário do que muitos imaginam, buracos negros não funcionam como ralos cósmicos devorando tudo em sua proximidade. Eles apenas capturam o que ultrapassa seu horizonte de eventos. No universo, as distâncias são imensas, e a maioria dos objetos simplesmente orbita em segurança ao seu redor.

Agora, o mais intrigante: os buracos negros influenciam diretamente a existência das estrelas e, indiretamente, a nossa própria existência. Se não houvesse um buraco negro supermassivo no centro da Via Láctea, a dinâmica da nossa galáxia seria completamente diferente. O buraco negro central regula a formação estelar, impedindo que o núcleo da galáxia se torne um ambiente caótico e superlotado de estrelas. Sem essa influência, o número de estrelas na galáxia poderia ser significativamente maior, levando a colisões frequentes. O Sol, que nasceu em uma região relativamente estável, poderia nunca ter existido, ou poderia ter sido ejetado de sua órbita devido à perturbação gravitacional de outras estrelas. Consequentemente, sem esse equilíbrio cósmico, a vida na Terra poderia jamais ter surgido. E sem gravidade não tem buraco negro.

Diante de tantos fenômenos silenciosos, mas determinantes, surge uma questão: se a gravidade molda

tudo à nossa volta, até que ponto ela define nossa própria existência e até mesmo nossa consciência? É nessa interseção entre o mensurável e o intangível que reside o mistério da vida.

E aí, será que poderemos encontrar vida fora da Terra? Se as condições do espaço são tão hostis à vida humana, que tipo de seres poderiam ter se desenvolvido em ambientes completamente diferentes?

Se encararmos os planetas como aquários cósmicos – não necessariamente contendo água, mas ambientes onde condições específicas permitem a emergência da vida – podemos ao menos supor que em algum outro ponto do universo algo semelhante tenha ocorrido. Contudo, essa é apenas uma hipótese. Até o momento, não há nenhuma evidência de vida fora da Terra, nem mesmo vestígios.

Particularmente, não acredito que encontraremos vida extraterrestre, justamente pela quantidade absurda de condições específicas que se alinharam para tornar a Terra habitável. As constantes físicas, a gravidade e uma série de ajustes finíssimos tornam, na minha visão, extremamente improvável que o mesmo tenha ocorrido em outro lugar.

Mas isso não significa que não devemos explorar o cosmos. Pelo contrário, quanto mais investigamos, mais podemos compreender não apenas a origem da vida na Terra, mas também o funcionamento do próprio universo. Afinal, nem mesmo sabemos ao certo de onde veio a água – o líquido mais essencial para a vida como conhecemos –, quanto mais podemos afirmar com certeza sobre a origem da vida.

Muitos fatores influenciam nossa existência, mas um dos principais é, sem dúvida, a gravidade. É por estarmos em constante queda em direção ao centro da Terra – e, por extensão, ao Sol – que permanecemos com os pés firmes neste planeta. Se morássemos na Lua, onde a gravidade é um sexto da terrestre ($1,62 \text{ m/s}^2$), seríamos mais leves, mais frágeis e nossa biologia poderia ser completamente diferente.

Vendo por essa perspectiva, a Terra se assemelha a um vasto aquário cósmico, onde a gravidade é como a água que mantém tudo em perfeita harmonia.

O GRANDE AQUÁRIO

Mudemos um pouco a nossa perspectiva de observação do nosso planeta Terra. Temos ar, nuvens, água tanto na terra, abaixo da terra, quanto no ar, temos terra embaixo e poeira voando por cima e temos diversos biomas vivendo dentro deste ambiente. Não é exagero dizer que vivemos numa espécie de aquário onde há seres que vivem e respiram na parte superior (atmosfera) e outros que vivem e respiram na parte inferior (terra e água). Mas não deixa de ser um grande aquário, já que o ar e a água são fluidos. Se colocarmos a cabeça para fora, morreremos por falta de ar, por falta de calor para nos aquecer, por causa do excesso de radiação e, se nos aventurarmos mais longe, por falta de gravidade.

Se considerarmos que o lugar mais alto do planeta Terra é o monte Everest, com 8.000 metros e que o lugar mais profundo conhecido é a Fossa das Marianas,

a 11.000 metros de profundidade, podemos dizer que a vida no planeta está entre esses espaços demarcados, ou seja, arredondando esse valor, a vida está presente em um espaço de 20 km. Parece muita coisa, não é mesmo? Mas vou lhe mostrar que não é.

O raio da Terra é da ordem de 6.371 km. Se dividirmos os 20 km, onde eu sugeri que estão os seres vivos, pelos 6.371 km, teremos que os 20 km representam 0,3% do raio, ou seja, quase nada. Isso mostra que a vida ocupa uma fina camada sobre o planeta e não seria exagero dizer que vivemos, comparativamente, na casca de um ovo. É uma camada tão fina que se o planeta tivesse qualquer abalo em seu movimento de rotação (desacelerasse por exemplo, ou recebesse o impacto de um asteroide muito grande) todos sairíamos voando, inclusive o monte Everest.

A vida, como um todo, é tão frágil comparada a todos os eventos colossais que nos trouxeram até aqui (formação de estrelas, explosões solares, explosões de supernovas), que é difícil não refletir sobre a nossa própria existência neste planeta. Porém, apesar de frágil, ela é extremamente complexa, variada e bela.

Ainda não encontramos vida em outros planetas ou luas (e acredito que não encontraremos), então não temos como comparar, mas olhando para as outras espécies podemos perceber que a vida é algo difícil de explicar. Em que momento os átomos, que ora constituíam estrelas e supernovas, resolveram se juntar em aglomerados que se tornaram vivos? Quando foi que os átomos que constituem os neurônios (carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo, enxofre) resolveram se juntar

e pensar? Em essência, biologicamente falando, somos um aglomerado de átomos que pensa.

Uma das coisas que nos mantêm neste formato corpóreo é a gravidade, apesar de termos outras forças envolvidas, como a força elétrica, por exemplo. Mas, diminua a gravidade e todos seríamos parecidos com ovos gigantes, igual aos personagens de *Alice no país das maravilhas* (*Tweedledum* e *Tweedledee*), tudo ovalado e arredondado. É a gravidade que mantém a atmosfera presa à Terra e consequentemente garante a existência da pressão atmosférica, ou seja, com menos gravidade, menos gases ficariam presos e menos atmosfera teríamos, logo nossos corpos não teriam tanta pressão sobre eles e estariam mais expandidos.

Daí o meu questionamento: seria a gravidade a escultora de todas as coisas?

Tenho razões para acreditar que, até certo ponto, sim. E para que você entenda este ponto de vista precisamos observar as coisas de uma outra perspectiva. Para isso trarei alguns elementos para uma reflexão mais filosófica e não necessariamente científica.

GRAVIDADE E COESÃO MOLECULAR

Quando observamos uma porção de água em estado líquido dentro de um copo, ela permanece neste estado desde não haja fonte de calor para esquentá-la. Se esquentarmos essa porção água, ela evaporará.

Mas questionemos de forma reversa: por que a água na Terra está em estado líquido à temperatura

ambiente? Você poderia dizer que é uma característica da água e estaria certo. Mas, também podemos pegar uma porção de vapor de água e comprimi-la dentro de um recipiente (por exemplo, uma seringa) e aquele vapor se tornará líquido novamente. O mesmo processo acontece com os gases em geral. Gás de cozinha, por exemplo, está no estado líquido dentro do botijão (pegue o botijão e balance, você ouvirá o líquido lá dentro chacoalhando). Por que o gás se torna líquido? Por causa da pressão. Então se observarmos as águas líquidas do planeta Terra em vários lugares, concluiremos que elas estão no estado líquido por causa da temperatura, mas principalmente por causa da pressão atmosférica, ou da combinação de ambas.

A pressão atmosférica é a força que todos os gases presentes na atmosfera fazem sobre nós. Para se ter uma ideia desta força da natureza, neste momento sobre o nosso corpo há uma coluna de ar de 10 toneladas nos pressionando, tentando nos esmagar. E você poderia se perguntar: então por que não somos esmagados? A resposta é simples: porque possuímos um corpo que gera pressão contrária a ela (pressão sistólica, diastólica, pressão interna dos órgãos como pulmão, olhos, rins, etc). O nosso corpo é preparado para suportar essa pressão. Ele faz pressão de dentro para fora para suportar a pressão do planeta.

Se pularmos em uma piscina ou lago, quanto mais fundo mergulharmos maior será a pressão que sentiremos no corpo e o primeiro lugar no qual sentiremos isso será na cabeça. É como se um gigante estivesse esmagando a nossa cabeça. Mas se você subir

uma montanha muito alta, a pressão no topo será menor, basicamente porque tem menos ar e o peso da coluna de ar sobre você será menor. Isto quer dizer que a pressão atmosférica afeta a todos os seres vivos e as coisas não-vivas, porque tudo está submerso nesse aquário chamado Terra.

Se você estiver numa praia e colocar uma panela com água para esquentar no fogo, a água irá ferver quando atingir 100°C , mas se você estiver no topo de uma montanha alta ela deverá ferver a 95°C . Esta situação nos mostra que o fato da água estar em estado líquido na temperatura ambiente aqui na Terra está diretamente relacionada à pressão atmosférica, logo, se por algum motivo essa pressão diminuísse, a água da Terra evaporaria e não teríamos mais lagos e mares.

No espaço, uma porção de água ferveria instantaneamente porque lá não há pressão atmosférica. Mas eu te pergunto quem causa a pressão atmosférica, só a presença do gás? Se soltarmos uma porção de gás no espaço, as moléculas continuariam unidas e se comportando como gás? De jeito nenhum, elas vão se dissipar.

A causa principal para que o ar permaneça na Terra, promovendo a pressão atmosférica, é a gravidade, tanto é que na Lua a gravidade é um sexto da gravidade da Terra ($1,62 \text{ m/s}^2$) e por lá nem existe atmosfera, já que a gravidade é muito baixa para segurar qualquer tipo de gás.

Visto por esta perspectiva, a gravidade é a responsável pela pressão atmosférica e, de certa forma, todos os corpos que utilizam algum tipo de fluido para sua manutenção (humanos e animais possuem sangue,

água e outros líquidos, as plantas possuem água, seiva e outras misturas líquidas) possuem o formato que possuem por causa da gravidade, ela é em última instância a modeladora das coisas, a escultora das formas, ela é a mão do oleiro que tece o barro para lhe conferir uma forma. O DNA dá as coordenadas e indica onde cada célula vai estar e o que vai fazer, mas a forma final é a gravidade que impõe.

Se a gravidade tem esse papel fundamental de modelar a matéria e as formas da natureza, podemos nos perguntar: essa força tão essencial surgiu por acaso, ou há algo maior por trás de sua existência? A ciência nos oferece respostas matemáticas e experimentais, mas nossa consciência nos leva além, questionando sobre propósito e sentido.

É a gravidade que impõe aos sólidos, gases e líquidos uma determinada pressão. E quando o planeta ainda era rocha quente derretida e moldável foi a gravidade que estabeleceu suas curvas em uma briga ferrenha com o calor. Um tentando expandir as coisas e o outro tentando comprimir.

Os astronautas, no começo da exploração espacial, quando ficavam algum tempo no espaço, tiveram seus corpos um pouco deformados (inchados), por causa do ambiente de microgravidade e sem pressão atmosférica (igual a da Terra) para pressionar seus corpos. Como a pressão dentro da nave não conseguia ser igual à pressão atmosférica, seus rostos ficaram mais inchados e até seus sentidos sofriam alteração.

Atualmente, a Estação Espacial Internacional (ISS) possui um sistema complexo e automatizado para

gerar e manter a pressão atmosférica dentro da nave, com o valor próximo à pressão ao nível do mar (1 atm)¹.

Então, se um dia conseguirmos morar na Lua ou em Marte, provavelmente seremos mais inchados, porque os líquidos e gases em nossos corpos estarão mais soltos, uma vez que a gravidade nesses lugares é bem menor que a da Terra. Teremos corpos mais arredondados. Alguém toparia? Todos com carinha de bolacha.

Se a vida surgiu na Terra sob essas condições de pressão, temperatura, gravidade, entre outros parâmetros, e a força principal que uniu todas as coisas para formação do planeta foi a gravidade (quem nem é uma força de verdade) e é ela que está por trás de vários fenômenos físicos, então ela é a nossa “Mãe Natureza”. Tire a gravidade e tudo se dispersa. Coloque gravidade e todas as coisas tomam forma.

Se no primeiro livro eu explorei a ideia de que nossos pensamentos podem ser explicados por processos elétricos, agora percebo que a gravidade, essa força silenciosa, também desempenha um papel fundamental na própria existência da forma e da ordem no universo. Será mesmo que tudo isso aconteceu por acaso?

Agora coloco a gravidade como senhora das formas e das junções de todas as coisas. Então não seria absurdo dizer que a gravidade, mesmo não sendo um ser consciente, promoveu e promove a existência de todas as coisas, incluindo a nossa consciência e forma. Logo, somos conscientes por causa de algo inconsciente. Não faz muito sentido, não é mesmo? Como a consciência,

1 1 atm equivale a pressão atmosférica no nível do mar, correspondendo ao peso do ar sobre a área do nosso corpo.

que é algo tão sublime e complexo, poderia emanar daquilo que não tem consciência e, logo, não age conscientemente para formar algo consciente?

Será mesmo que as forças fundamentais (força elétrica, força nuclear fraca, força nuclear forte e a força gravitacional) com suas próprias regras, emanam de eventos aleatórios altamente energéticos, a ponto de produzir um mundo tão organizado? Até mesmo os nossos pensamentos denunciam essa falta de algo a mais. Não é à toa que a nossa consciência está sempre atrás de padrões e de conexões com um possível autor e inventor de todas as coisas, pois a angústia da existência consciente nos leva à reflexão de por que existimos.

Ninguém se delicia com uma bela refeição sem se perguntar quem fez aquela refeição. Então por que não nos perguntarmos sobre a existência de todas as coisas belas que existem? Tudo organizado e funcionando em sintonia, uma infinidade de seres vivos, de alimentos, de frutas, de minérios. Todos com sua forma e papel pré-estabelecido (se o hidrogênio não se juntasse ao oxigênio não haveria água). Tudo regrado, tudo ajustado. E para quê?

Para compreendermos essa reflexão de forma mais simples, vamos utilizar o tempo como referência. Acelere o relógio para o futuro, o que teremos? O Sol irá morrer; durante seu processo de morte ele irá se expandir e engolirá Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Depois ele vai encolher e virar uma anã-branca. Acelerando ainda mais, tudo vai começar a explodir e se contrair, galáxias se colidirão e vários buracos negros surgirão e o universo continuará em expansão. No final

tudo estará muito afastado de tudo, nada interagirá com nada, tudo escuro, frio e sem vida.

Se esse é o fim de todas as coisas, usando a lógica, para que então a existência de todas as coisas? E se tudo isso já aconteceu de forma diferente por várias e várias vezes e a nossa existência é só mais uma de milhares de milhares que já existiram? (particularmente não acredito nisso, mas não deixo de questionar).

Tudo está conectado e disso eu não tenho dúvida. É por isso que eu acredito que, por trás de toda essa trama, há um autor consciente de onde emana toda matéria, energia e tudo mais que vemos e até o que não vemos. Um ser tão infinito que não cabe em qualquer explicação. O problema é que estamos sempre comparando a nós mesmos toda a lógica que criamos e tudo que fazemos, já que em termos de inteligência nós somos (ou deveríamos ser) os seres mais inteligentes do planeta e, quem sabe, do universo.

Se tudo está conectado e há um autor de todas as coisas então estamos conectados a ele, tanto pela nossa existência que é mantida por todas as coisas que já discutirmos anteriormente, quanto pela nossa consciência que é fruto da consciência dele. A ele muitas pessoas (os cristãos, o mundo ocidental) dá o nome de Deus!

Há quem não acredite, e por mim está tudo bem, afinal estamos filosofando e todos têm o direito de pensar o que quiser. Mas uma coisa é certa: sobram-nos mais dúvidas do que respostas e nessa equação há pelo menos uma coisa que coloca a todos no mesmo patamar e que nos une, apesar de não fazer o menor sentido, que é a morte.

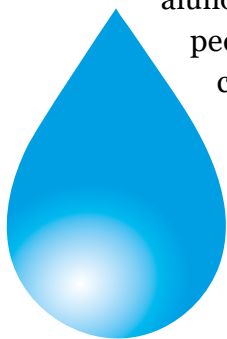
Por isso, é importante que aprendamos a viver bem com o mundo e com as pessoas, porque tudo que existe neste mundo nos faz refletir sobre a alegria de estarmos vivos, aqui e agora, observando uma bela paisagem, fazendo carinho em um filho, comendo uma deliciosa sobremesa, ouvindo histórias de nossos entes queridos, sentindo o cheiro das flores, sentindo dores de amores, ou mesmo lendo estes escritos e deixando o pensamento voar.

Você pode acreditar que a nossa existência é consequência de um acaso, e está tudo bem. Mas, não pode ignorar que a nossa existência é algo extraordinário. O fato de sermos seres conscientes e podermos observar o universo e tentar compreendê-lo nos impõe questionamentos para os quais não temos respostas: de onde viemos? Para onde vamos?

E nos universos das estranhezas a que somos submetidos, em nossos pensamentos, estão as forças elétricas como condutoras de processos cerebrais, como uma sinfonia que modifica, organiza e desorganiza prótons e elétrons e, consequentemente, o nosso pensar e agir. Apesar de toda complexidade, tudo se resume a massa e energia. Mas ainda acho que tem algo a mais neste processo consciente, que chamo de alma.

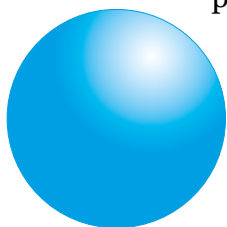
Mas voltemos à mão do oleiro (aquele que dá formato ao barro). Já percebeu que quando jogamos uma porção de água para cima ela forma diversas gotas, que possuem o formato esférico? Esse formato se dá por causa da força de coesão entre as moléculas. Essa força aponta para o centro.

Nestes anos de experiência em sala aula, sempre coloquei situações reais ou imaginárias para os alunos refletirem. Numa dessas atividades eu pedia para que eles desenhassem algumas coisas, dentre elas uma gota de água. Todos desenhavam algo parecido com o desenho ao lado.



E até hoje nenhum aluno fez um desenho diferente desse. Isso acontece porque no imaginário coletivo estão impressas diversas imagens, construídas pelas pessoas a partir do senso comum, inclusive a partir da mídia divulgadora de notícias, que tenta usar da criatividade para chamar a atenção para os temas de forma mais lúdica. É o caso do Zé Gotinha, personagem com cabeça de gota (acho isso muito engraçado), usado em campanhas de vacinação, em desenhos animados, animações, cartazes, tentando mostrar às crianças que tomar vacina de gotinha não dói. Eles só não contam que poucas vacinas são de gotinha.

Mas, na verdade, as gotas, depois que caem, adotam o formato esférico e não esse formato do desenho. Tanto é verdade que bolinha de gude, aquelas feitas de vidro, também conhecidas como biloquê, são feitas derretendo-se vidro e deixando o vidro derretido cair por um balde de metal cheio de buracos, igual a um chuveiro. À medida que o vidro cai pelos furos, ele se converte em uma gota esférica e, ao final da queda, ele encontra um tanque cheio de água para resfriamento rápido. Legal, não



é? Até cozinheiros utilizam essa técnica para produzir bolinhas de caramelo.

Astronautas a bordo da ISS fizeram vários experimentos, entre eles a liberação de pequenas porções de água pela nave. Elas apresentaram o formato esférico, provando que as forças entre as moléculas é que mantinha as gotas naquele formato, como se houvesse uma espécie de pele ao redor.

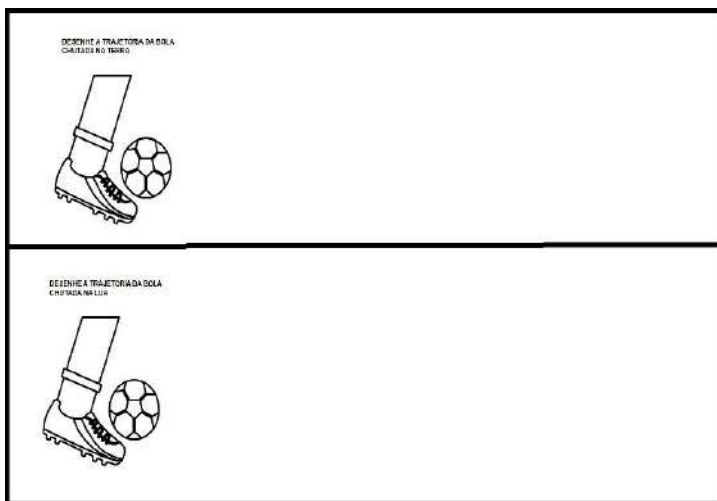
Isso quer dizer que se o nosso corpo estiver sob ação de baixa gravidade, ainda assim os líquidos continuarão no corpo, mas vão querer sair dele, assim como os gases. Mesmo havendo essa força intermolecular, a diminuição da gravidade diminui também a pressão atmosférica e isso provocará uma liberdade maior para as moléculas poderem se desligar umas das outras, basta um pouco de energia. É por isso que num ambiente assim a tendência do nosso corpo é ficar mais inchado e mais arredondado. Os astronautas passam por isso e, quando ficam alguns meses no espaço, seus rostos ficam mais inchados (cara de bolacha).

A força gravitacional é uma força atrativa, diferentemente da força elétrica ou da força magnética, que pode ser atrativa ou repulsiva. A gravidade só atrai. Ou seja, não temos um polo positivo ou polo negativo para a gravidade. É por isso que as estrelas são tão quentes, porque elas possuem muita massa e essa massa causa muita força gravitacional e isso faz com que essa força pressione seu núcleo para dentro dele mesmo, espremendo tanto que começam reações nucleares que obrigam os átomos a se fundirem (fusão), liberando muita energia em forma de calor, luz, radiação etc.

Para aproximar ainda mais esses conceitos da nossa experiência diária e convidá-lo a refletir de maneira prática, proponho algumas questões que revelam como a gravidade atua em nosso cotidiano:

PARA TESTAR COM AS PESSOAS

Questão 1 – Você é um jogador de futebol e está fazendo uma propaganda para uma marca de tênis. Sua ação durante a filmagem é chutar uma bola para o alto em frente a uma praia aqui na Terra e depois chutar a mesma bola do mesmo jeito só que na Lua. (Não me pergunte como irá para Lua, nem como se dará a gravação disso, apenas imagine). Agora faça o desenho da trajetória da bola chutada na Terra e na Lua.



Questão 2 - Vamos imaginar que você esteja sobre uma balança (igual àsquelas que vendem em

farmácia) dentro de um elevador. Você sobe na balança e ela marca a sua massa, por exemplo 60 kg, enquanto o elevador está parado. Você está no vigésimo quinto andar e pretende descer até o térreo, mas, por um problema mecânico, o cabo do elevador se rompe e o elevador começa a cair em queda livre. O que você acha que acontecerá com você durante a queda?

- a) Você se sentirá mais pesado por causa da queda;
- b) Você começará a levitar dentro do elevador como se estivesse no espaço;
- c) Você se sentirá mais leve por causa da queda.

Questão 3 – Você está no alto de um prédio segurando uma garrafa PET cheia de água, mas que tem um furo lateral por onde está vazando a água. Você deixa a garrafa cair em queda livre. O que acontece com a água que está vazando pelo furo lateral, enquanto a garrafa cai?

- a) A água vazará mais rápido;
- b) A água vazará mais devagar;
- c) A água para de vazar.

Esses são exemplos para mostrar que a gravidade é algo realmente intrigante e que interfere diretamente na nossa vida.

Na questão 1, o que está em jogo é a noção de queda livre, quando a única força que está atuando em você é a gravidade. Ou seja, quando estamos em queda livre dentro do elevador, ambos estamos sob a ação da

gravidade e isso nos faz levitar porque o elevador e nós estamos acelerados a 9,8 metros por segundo ao quadrado, que é o valor da aceleração da gravidade. Isso também aconteceria dentro de um avião em queda livre: nós flutuaríamos lá dentro. É assim que os astronautas fazem treinamento para ambientes de microgravidade.

Na questão 2, muitas pessoas desenham certo a trajetória da bola na Terra como uma parábola, que sobe e desce, mas muitos erram ao desenhar a trajetória da bola na Lua, pois ignoram que lá exista gravidade e fazem uma linha reta da bola saindo da Lua. Apesar da gravidade da Lua ser apenas um sexto da gravidade da Terra (aproximadamente $1,6 \text{ m/s}^2$), ela não é nula. Exatamente por esse motivo os astronautas tiveram dificuldades de locomoção quando visitaram nosso satélite natural. Eles não conseguiam andar normalmente como se faz aqui na Terra, e então andavam saltitando.

Na questão 3, precisamos compreender que o que faz a água cair pelo furo é a gravidade (através da pressão atmosférica), ou seja, se levássemos a garrafa para o espaço ou para uma região onde não existisse gravidade, o líquido não sairia. Pois bem, quando a garrafa cai é exatamente o que acontece: a água não sai mais pelo furo, porque para a água naquele momento é como se não existisse gravidade, já que ela está caindo exatamente com a mesma aceleração, igual ao caso do elevador.

Vamos brincar mais um pouco com a imaginação. Observe a figura:



Fonte: Imagem gerada por IA.

Tomás e Ricardo são irmãos gêmeos. Um deles viajou para a Antártida e o outro para Groenlândia. Observando a figura, você seria capaz de dizer quem está de cabeça para cima e quem está de cabeça para baixo? Se partirmos do ponto de vista de Tomás, será o seu irmão que estará de cabeça para baixo, mas se partirmos do ponto de vista do Ricardo, será o Tomás.

A verdade é que nenhum deles está de cabeça para baixo, porque no espaço essa referência não existe. Ambos estão sendo puxados pela gravidade e, se estiverem na mesma altitude, sentirão a mesma gravidade.

Hum, então a gravidade me mantém preso ao planeta correto? Sim, está correto. Mas e se eu pudesse levitar e conseguisse ficar parado no ar, longe do chão, igual ao que o helicóptero consegue fazer, eu viria o planeta girando? Ou melhor, eu poderia subir e ficar uma hora levitando e depois descer em outro país, por exemplo? A resposta é não. Mesmo que você pudesse levitar e ficar parado no ar, como um helicóptero, não veria a Terra girando debaixo de você.

Isso acontece por causa de um princípio chamado inércia. Tudo que está na Terra — você, o ar, os prédios, os pássaros e até o helicóptero — já está se movendo junto com a rotação do planeta.

Ou seja, quando você “sobe” e fica no ar, você continua se movendo com a mesma velocidade que a Terra tinha lhe dado. A inércia faz com que você mantenha esse movimento, mesmo sem perceber.

A gravidade também entra nessa história, claro — ela é como uma força que te mantém próximo da Terra.

Mas é a inércia que impede que você simplesmente pare no espaço enquanto a Terra continua girando.

Para que você levitasse e, de fato, visse a Terra girar sob seus pés, você teria que cancelar toda essa velocidade herdada da rotação terrestre. E isso exigiria muito mais do que levar — exigiria um foguete e muita física aplicada.

GATOS E A DANÇA INVISÍVEL DA GRAVIDADE

Se um dia eu visitasse um planeta diferente, levaria comigo dois animais: um passarinho e um gato. O pássaro me ajudaria a analisar a qualidade do ar, as propriedades da atmosfera e até o campo magnético, já que algumas aves utilizam o magnetismo para se orientar. O gato, por sua vez, serviria como um sensor gravitacional, pois seu ouvido interno é extremamente apurado para detectar a gravidade.

Pode parecer surpreendente, mas o sistema vestibular no ouvido interno é o responsável por detectar a gravidade.

O sistema vestibular dos gatos é uma das estruturas mais refinadas da natureza, garantindo equilíbrio e agilidade excepcionais. Localizado no ouvido interno, ele é responsável por detectar a posição da cabeça no espaço e coordenar os ajustes necessários para manter a estabilidade do corpo. Seu funcionamento se baseia em dois componentes principais: os canais semicirculares, que percebem rotações em três dimensões, e os órgãos otolíticos, que detectam movimentos lineares

e a influência da gravidade. Graças a esse mecanismo altamente eficiente, os gatos conseguem caminhar sobre superfícies estreitas, executar saltos precisos e até mesmo cair de grandes alturas com um controle impressionante do próprio corpo.

A alta eficiência do sistema vestibular dos gatos deve-se à sua rápida resposta às mudanças de posição e movimento.

Esses otólitos são pequenos cristais de carbonato de cálcio (CaCO_3) que, ao se deslocarem conforme o movimento do gato, ativam células sensoriais que enviam sinais ao cérebro.

Enquanto isso, os canais semicirculares, preenchidos com líquido, detectam mudanças na rotação da cabeça e permitem ajustes imediatos na postura. Esse sistema funciona de maneira independente da visão, garantindo que os gatos consigam se orientar mesmo no escuro ou em situações inesperadas. O reflexo de endireitamento, por exemplo, permite que eles reajam rapidamente em quedas, girando o corpo no ar para aterrissar sobre as patas.

Desde o nascimento, o sistema vestibular dos gatos se desenvolve em relação à gravidade e à orientação do corpo no espaço, calibrando-se conforme o animal interage com o ambiente. Esse processo natural permite que eles alcancem um nível de equilíbrio quase perfeito, sendo capazes de realizar feitos físicos que seriam impossíveis para outros animais, incluindo os humanos. A precisão e rapidez com que esse sistema atua são essenciais para a sobrevivência dos felinos, ajudando-os a caçar, fugir de predadores e se movimentar com extrema

destreza. A sofisticação do sistema vestibular dos gatos é um exemplo fascinante de como a biologia evoluiu para criar seres altamente adaptados ao seu ambiente.

Os humanos também possuem otólitos no ouvido interno, que ajudam no equilíbrio. No espaço, sem a força gravitacional atuando sobre esses cristais, os astronautas podem sentir desorientação e vertigem até que seu cérebro se adapte à microgravidade.

Embora os campos magnéticos não sejam diretamente influenciados pela gravidade, mudanças na gravidade da Terra poderiam afetar processos internos do planeta, como as correntes de convecção do magma. Isso, por sua vez, poderia alterar o campo magnético terrestre.

Curiosamente, se houvesse variações na gravidade, os gatos poderiam ficar tontos, enquanto as tartarugas continuariam a navegar normalmente. Isso nos mostra o quanto a gravidade está profundamente entrelaçada com a forma como existimos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

No fim das contas, talvez os gatos já saibam algo que nós ainda estamos tentando descobrir. Afinal, enquanto quebramos a cabeça com equações para entender buracos negros, eles apenas se espreguiçam... e desfilam tranquilamente por caminhos tão sinuosos que nós, humanos, jamais conseguiríamos nos equilibrar.

E se um dia os gatos da Terra começarem a cambalear, perder o equilíbrio ou errar o salto, provavelmente estaremos com um sério problema. Porque quando até os gatos tropeçam, é sinal de que a mãe gravidade anda doente.

Capítulo 2

SERIA O TEMPO UMA ILUSÃO?



Fonte: Imagem gerada por IA.

Desde os tempos antigos, a humanidade tentou medir o tempo de diversas formas: pela posição do Sol, ampulhetas de areia, relógios de água e fases da Lua. Sempre partiram da noção de um tempo absoluto, igual para todos, independentemente do lugar ou da velocidade.

Essa noção ainda permeia o imaginário coletivo, pois, no cotidiano, a relatividade do tempo pouco importa. No fim, o que conta é o que o relógio marca, e a quantidade de atividades realizadas ao longo do dia transforma o tempo em uma medida da produtividade. Einstein que me perdoe, mas se o relógio me diz que estou atrasado, o jeito é correr.

Se considerarmos o tempo como medida da vida, veremos que ele varia para cada espécie na natureza. Os efemerópteros, insetos aquáticos da Antártida, são um exemplo curioso. Na fase jovem, podem passar até um ano no casulo, mas assim que atingem a vida adulta e finalmente saem para curtir a liberdade... morrem em

menos de 24 horas. Outro exemplo são as moscas que vivem entre 15 e 30 dias. As abelhas, em média 1 mês.

Por outro lado, algumas espécies vivem mais de cem anos, como as lagostas, que podem alcançar 140 anos, e certos tubarões, que ultrapassam os 400 anos. Já no reino vegetal, temos pinheiros que podem viver mais de 2.000 anos, como o *Pinus resinosa*, chegando a 50 metros de altura.

Enquanto isso, nós humanos nos achamos os reis do universo, mas raramente passamos dos 100 anos – e quando passamos, nos tornamos notícia de jornal e alvo de curiosidade científica: o que será que esse velhinho comeu e bebeu para viver tanto?

Quando comparamos esse tempo à existência de algumas coisas no universo, tudo passa a ser muito pequeno. Por exemplo, o nosso Sol já possui 4,5 bilhões de anos de idade. Acredita-se que ele ainda tenha de 5 a 7 bilhões de anos pela frente. Outras estrelas já podem estar com mais de 13 bilhões de anos. Comparados aos tempos cósmicos, os períodos de vida tornam-se efêmeros, meros instantes em uma escala grandiosa. Se pudéssemos ver um filme do universo desde o começo e acelerássemos à velocidade da luz, ainda assim, demoraríamos bilhões de anos para assistir tudo. E para piorar, quando finalmente chegasse a parte da vida, seria aquele frame rapidinho que você pisca e perde – tipo uma cena pós-crédito de filme da Marvel.

Há dois aspectos essenciais nessa questão. O primeiro é psicológico: não estamos preparados para compreender o tempo em sua totalidade, pois nossa finitude nos limita. O segundo é físico: o tempo, como o

concebemos, é irrelevante para o universo. A energia não é criada nem destruída, e a existência da matéria independe do tempo.

Como diria Mário Quintana, em seu poema publicado na obra *Esconderijos do tempo* (1980):

Seiscentos e Sessenta e Seis

A vida é uns deveres que nós trouxemos

para fazer em casa.

Quando se vê, já são 6 horas: há tempo...

Quando se vê, já é 6^a-feira...

Quando se vê, passaram 60 anos!

Agora, é tarde demais para ser reprovado...

E se me dessem – um dia – uma outra oportunidade,

eu nem olhava o relógio

seguia sempre em frente...

E iria jogando pelo caminho a casca

dourada e inútil das horas.

Mas, se tudo está conectado, qual é, afinal, a relação entre o tempo e a gravidade? Logo chegaremos a essa resposta, mas antes, vale a pena explorar outras perspectivas sobre o tempo.

Como falar do tempo sem filosofar, ou sem utilizar da arte, da poesia, da música, da matemática? Algo tão certo e incerto que nem conseguimos defini-lo de uma única forma. A ciência, em seus momentos de arrogância, tenta definir diversas coisas para o delineamento de seus métodos, mas quando chega ao tempo ela se esquivava, porque não consegue bater seu martelo e dizer o que o tempo é.

Mas o que é o tempo, afinal? Uma grandeza física mensurável? Uma percepção humana? Ou uma mera ilusão da nossa consciência?

Para Newton (Física Clássica), o tempo era absoluto e uma hora para alguém era uma hora para qualquer outro, independentemente do lugar e da velocidade. Para Einstein (Física Moderna), o tempo é relativo, quanto mais rápido o corpo está, mais devagar o tempo passa para ele, segundo o referencial de quem ficou parado. Para os Físicos da Mecânica Quântica, o tempo é uma dimensão, assim como comprimento, largura e profundidade e, para eles, passado e futuro podem coexistir. Para alguns filósofos, o tempo é só uma ilusão.

Para o nosso cotidiano, eu poderia dizer que o tempo é uma marcação de fatos históricos. É por meio do tempo que registramos os acontecimentos. E para nós o tempo só tem uma direção, a mesma apontada pela termodinâmica, sempre para frente. O tempo passa e o tempo não para. O que fizemos já foi e o que faremos virá e o que deixamos ficará marcado no tempo e na memória das pessoas com as quais convivemos.

Biologicamente também sentimos o tempo; nossa pele, cabelos, nossa visão, nossa memória e até a nossa locomoção conhecem bem o passar o tempo. Todas as nossas células, já equipadas de fábrica com seus relógios ultra-precisos, indicam-nos a passagem do tempo. É incrível pensar que átomos oriundos de explosões de supernovas (que levaram tempos absurdos para queimarem e explodirem) agora constituem nossos frágeis corpos delimitando tempos tão irrisórios para nós, comparados às suas origens. Seria o universo estabelecendo

um E.T.? Não um extraterrestre, mas um *Ephemeris Temporalis*, uma criatura feita apenas para sentir o tempo e desaparecer? Por que nossa vida consciente é tão curta, se no universo tudo existe há tanto tempo? Do ponto de vista do universo, fomos programados para abrir e fechar os olhos, quase ao mesmo tempo. E entre estes dois instantes está o que chamamos de vida.

Sendo bem sincero, para o universo a nossa existência e o nosso tempo de vida não fazem a menor diferença. O tempo é um rio onde tudo flui, e nós somos apenas pequenas ondas em sua correnteza. Mas por que, entre infinitas possibilidades, existimos justamente agora? A ciência não sabe responder. Nem eu. Mas podemos filosofar!

VIDA E TEMPO

Observemos a natureza e seus tempos.

Quadro 1 – Seres Vivos e seus Tempos de Vida

Ser Vivo	Grupo	Tempo de Vida (aproximado)
Ser Humano	Mamífero	70 a 80 anos
Elefante Africano	Mamífero	60 a 70 anos
Cachorro	Mamífero	10 a 15 anos
Abelha	Inseto	4 a 5 semanas
Mosca-doméstica	Inseto	15 a 30 dias
Efemérida (Mayfly)	Inseto	Algumas horas a 1 dia
Mosquito	Inseto	7 a 10 dias

Ser Vivo	Grupo	Tempo de Vida (aproximado)
Tartaruga-de-Couro	Réptil	Mais de 100 anos
Carvalho (Árvore)	Planta	Até 1.000 anos ou mais
Sequóia (Árvore)	Planta	Mais de 2.000 anos
Borboleta Monarca	Inseto	6 a 8 semanas (adulto)
Tubarão-da-Groenlândia	Peixe	Até 400 anos

Fonte: Adaptado de Toda Biologia (2025); Canaltech (2021); National Geographic Portugal (2022).

Não é difícil notar que existem seres que vivem muito e outros que vivem pouco, mas destes apenas nós refletimos sobre a morte. Apenas nós temos consciência da nossa existência e do universo no qual existimos. E, principalmente, temos consciência da nossa finitude.

Para um beija-flor, 10 anos são uma eternidade. Para uma baleia, são apenas um fragmento. E para o universo, até mesmo a vida inteira de uma estrela é efêmera. Se o tempo é relativo até entre os seres vivos, o que dizer da nossa percepção de eternidade?

O que me espanta é que tudo isso é feito de átomos, todos os seres vivos, sem exceção, do mais simples ao mais complexo. E quimicamente são eles que definem o tempo de nossa existência.

No DNA, existem estruturas chamadas telômeros, que atuam como uma espécie de relógio biológico das células. Os cientistas descobriram que, a cada divisão celular e replicação do DNA, os telômeros se encurtam progressivamente, determinando o número de vezes que uma célula pode se reproduzir antes de perder sua funcionalidade. Estudos realizados com as

moscas-das-frutas (*Drosophila melanogaster*) mostraram que, ao modificar geneticamente os telômeros destas moscas, foi possível prolongar significativamente sua expectativa de vida. Isso sugere que carregamos em nossa própria biologia uma contagem regressiva previamente determinada. Nesse aspecto, a evolução não encontrou uma solução definitiva: todos somos, inevitável e brevemente, finitos. Ironia do universo?

Veja o quanto 1minuto (60 segundos) pode ser uma medida muito distinta para cada um. Observe a tabela que mostra os batimentos do coração de diversos animais em 1minuto (batimentos por minuto – bpm).

Quadro 2 – Frequência Cardíaca de Animais e Insetos

Animal/Inseto	Frequência Cardíaca (bpm)
Beija-flor	1.200 bpm
Rato	300–500 bpm
Gato doméstico	140–220 bpm
Cachorro (raça média)	70–120 bpm
Ser humano (adulto)	60–100 bpm
Cavalo	28–44 bpm
Elefante-africano	25–35 bpm
Baleia-azul	2–10 bpm
Barata	50–100 bpm

Fonte: Adaptado de Universidade Federal De Santa Catarina (2020); Fundação Ce-cierj (2022).

E você achando que a barata não tem coração.

Animais pequenos e que se deslocam muito rápido possuem metabolismo acelerado e, por isso, têm batimentos mais rápidos. Em 60 segundos, o beija-flor tem 1.200 batimentos, e o rato, 500. Por outro lado, animais maiores e que possuem metabolismo mais lento tendem a ter batimentos mais lentos. O tempo é relativo para cada espécie.

Mas olha que interessante se observarmos os tempos e não os batimentos e usarmos como parâmetro 60 segundos:

Quadro 3 – Equivalência do Tempo em Espécies

Animal/Inseto	Equivalência em Segundos
Beija-flor	4.0
Rato	12.0
Gato doméstico	26.67
Cachorro (raça média)	50.53
Ser humano (adulto)	60.0
Cavalo	133.33
Elefante-africano	160.0
Baleia-azul	800.0
Barata	64.0

Fonte: Autor, 2025.

Essa nova perspectiva nos mostra que, por exemplo, no caso do beija-flor, que possui uma frequência cardíaca de aproximadamente 1.200 batimentos por minuto, a equivalência calculada indica que 4 segundos

para ele seriam o equivalente a 1 minuto para um ser humano, cujo coração bate, em média, 80 vezes por minuto. Isso significa que, metabolicamente, o tempo parece passar muito mais rápido para o beija-flor do que para nós. Enquanto um ser humano vivencia um minuto completo, o beija-flor já teria experimentado esse período em apenas 4 segundos, devido ao seu metabolismo acelerado. Observe os outros listados.

Essa diferença sugere que a percepção biológica do tempo está diretamente relacionada à taxa metabólica de cada organismo. Para animais com batimentos cardíacos elevados, como o beija-flor, a vida é vivida em um ritmo mais intenso e rápido, enquanto para seres com frequências cardíacas mais baixas, como a baleia-azul, o tempo parece se estender, refletindo um metabolismo mais lento e uma longevidade proporcionalmente maior.

Tempo, tempo, tempo... por que contá-lo? Para criar memórias e estabelecer marcos, mesmo que não sejam apenas para nós. Mas por que nos preocuparmos com esses registros para os outros? Porque, no fundo, somos um único organismo vivendo neste grande aquário chamado Terra — somos a própria vida. De uma perspectiva mais filosófica e pessoal, vejo a vida como algo indivisível; somos todas as manifestações dela, cada qual em sua espécie, com seu tempo e sua carga genética. No entanto, estamos todos sujeitos às mesmas leis, compartilhando a existência sob as mesmas regras desse pequeno e frágil ecossistema que chamamos de lar.

Vou propor um experimento simples e fascinante que demonstra como o nosso cérebro manipula

a percepção do tempo para manter a sensação de continuidade. É como se ele nos dissesse: “Nada mudou, eu congelei o tempo para você.”

Tente fazer o seguinte: à noite, em seu quarto, ligue e desligue o interruptor rapidamente, imitando um piscar de olhos. Você conseguirá perceber claramente o escurecimento e o retorno da luz, certo? Agora, com a luz acesa, feche os olhos por 2 segundos. Curiosamente, você não percebe a escuridão da mesma forma. Por quê? Porque, durante a piscada, o cérebro mantém a última imagem capturada, como se tivesse pausado o tempo e retomado a transmissão visual apenas quando você reabre os olhos. Em outras palavras, ele nos engana para que não notemos o escuro momentâneo — do mesmo modo que faz com o nosso nariz, que está sempre à vista, mas raramente percebemos.

Incrível como o nosso cérebro é um verdadeiro mestre da ilusão, não é mesmo?

Mas não se engane, não é só o cérebro que nos manipula. A indústria do entretenimento também domina essa arte e sabe exatamente como prender nossa atenção e nos manter imersos em determinadas situações, influenciando nossos hábitos de consumo. Já reparou como o chão dos *shoppings* é sempre muito liso e as vitrines das lojas são bem iluminadas? O piso escorregadio nos obriga a caminhar mais devagar, permitindo que observemos as lojas com mais atenção. O ambiente climatizado, com temperatura confortável e iluminação constante, cria a ilusão de que o tempo não passa, pois não percebemos se é dia ou noite lá fora.

E não são apenas os *shoppings* que exploram essa estratégia. Redes sociais, especialmente aquelas com vídeos curtos e conteúdos dinâmicos, conseguem nos distrair a ponto de gastarmos horas sem perceber. Jogos eletrônicos, com gráficos cada vez mais realistas e mecânicas envolventes, mantêm tanto crianças quanto adultos entretidos por longos períodos. Já os livros exigem um esforço diferente; é preciso cultivar o hábito da leitura para garantir que o tempo seja investido neles, o que depende da força da história, do desenvolvimento dos personagens ou da profundidade do conteúdo.

No fim das contas, o tempo se torna uma moeda de troca — seja pelo prazer do consumo ou pela necessidade que a vida impõe. A questão é: estamos conscientes de como o estamos gastando?

Talvez seja por isso que os mais velhos sempre nos aconselham: “Não percam tempo com bobagens. Amem mais, perdoem mais e vivam intensamente.” Com o passar dos anos, aprendemos que, na matemática da vida, o tempo segue um caminho inversamente proporcional — quanto mais vivemos, menos tempo nos resta. Mas também podemos enxergar por outra perspectiva: quanto mais o tempo passa, mais vivemos, mais aprendemos e mais valorizamos cada momento.

AO INFINITO E ALÉM

Há um aspecto do tempo que dificilmente ousamos abordar, talvez pela nossa finitude, que é a sua infinitude. O tempo é infinito, havendo ou não relógio que o marque, ele sempre fluiu e continuará fluindo.

Imagina que eu queira calcular de quantas formas consigo combinar a palavra AMOR. Como é uma palavra de 4 letras, só precisaremos fazer uma continha simples que é multiplicar as possibilidades para cada letra. Isso na Matemática chamamos de fatorial ($4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$). Ou seja, em poucos segundos eu consigo encontrar 24 possibilidades de combinar a palavra. Se quisermos podemos também fazer isso na mão, levaremos alguns minutos, mas chegaremos às mesmas 24 possibilidades.

Se fôssemos aplicar essa lógica de combinações para sistemas em que é possível repetir letras, como no caso do DNA humano (adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G)), chegaríamos a combinações absurdamente grandes da ordem de $4^{3.000.000.000}$ de possibilidades. É um número tão absurdo que nem conseguimos representá-lo direito, imagina calculá-lo?

A matemática nos mostra que há cálculos que só seriam possíveis num tempo infinito. Existem cálculos tão complexos que mesmo os computadores mais avançados do mundo levariam um tempo absurdo para realizar, ultrapassando em muito a escala de tempo humana.

Por exemplo, o famoso problema do Caixeiro Viajante, que exige encontrar o caminho mais curto entre várias cidades, cresce de forma fatorial à medida que o número de locais aumenta, de modo que para 100 cidades, a resolução exata poderia levar mais tempo do que a própria idade do universo, estimada em cerca de 13,8 bilhões de anos.

Simulações detalhadas de sistemas biológicos ou cosmológicos, como o dobramento de proteínas ou a

evolução do universo, poderiam levar séculos ou milênios para serem desenvolvidas, mesmo com o uso dos mais modernos supercomputadores.

Alguns problemas, como os relacionados à inteligência artificial e ao aprendizado de máquinas, também exigem processamento massivo de dados, que podem levar anos para serem analisados, dependendo da complexidade dos padrões. Assim, enquanto os computadores evoluem rapidamente, a natureza exponencial e combinatória de certos desafios continua impondo barreiras quase intransponíveis, exigindo abordagens inovadoras, como algoritmos heurísticos ou até mesmo computação quântica, para tornar tais problemas solucionáveis em prazos aceitáveis.

Há outros tempos que nem percebemos e que estão mais associados à nossa existência. O corpo humano é uma sinfonia de tempos interligados. Enquanto o coração bate em seu próprio ritmo, os olhos piscam rapidamente para umedecer a visão, e a mente se perde entre instantes que parecem eternos. O tempo da respiração se entrelaça com o da digestão, e a percepção do sabor acontece quase instantaneamente, mas a saciedade demora minutos para se manifestar.

Observe estes tempos:

- ✓ Piscar os olhos → 100 a 400 milissegundos (0,1 a 0,4 segundos);
- ✓ Tempo para levantar um braço ou dar um passo → 500 milissegundos (~0,5 s);
- ✓ Tempo médio para ler uma palavra → 200 a 300 milissegundos (~0,2 a 0,3 s).

- ✓ Tempo médio para processar e compreender uma frase simples → 500 a 600 milissegundos ($\sim 0,5$ s);
- ✓ Um ciclo respiratório completo (inspirar e expirar) → 3 a 5 segundos;
- ✓ Tempo para perceber um gosto na boca → 0,15 a 0,5 segundos (muito rápido, pois há sensores na língua e no nariz);
- ✓ Tempo para o sinal do sabor chegar ao cérebro → Menos de 100 milissegundos;
- ✓ Tempo médio entre beber água e urinar → 20 a 45 minutos (dependendo do nível de hidratação);
- ✓ Tempo para acordar completamente depois de levantar → 5 a 30 minutos (o cérebro precisa reativar funções totalmente);
- ✓ Tempo para sentir dor após um estímulo (toque em algo quente) → 100 a 500 milissegundos ($\sim 0,1$ a $0,5$ s);
- ✓ Tempo para notar um cheiro forte no ambiente → 0,1 a 1 segundo (o olfato processa rápido);
- ✓ Tempo médio para processar e responder a uma pergunta simples → 1 a 3 segundos;
- ✓ Tempo para o cérebro formular uma palavra antes de dizê-la → 600 milissegundos ($\sim 0,6$ s).

Sabemos que estes tempos são aproximações e podem ser diferentes entre as pessoas. Até mesmo a noção de tempo é diferente entre as pessoas. Peça para duas pessoas de olhos vendados contarem mentalmente 60 segundos. Faça isso usando um cronômetro e verá que cada pessoa conta o tempo de forma diferente. Ainda

bem que não dependemos disso para termos um relógio igual para todos.

Somos praticamente um aglomerado de tique-taques, todos sincronizados e comandados pelo cérebro. Então mesmo que não tenhamos um relógio externo para medir o tempo, temos o tempo como parâmetro interno de execução de tarefas. E o mais surpreendente é que tudo isso é controlado pelos átomos, aqueles mesmos que estavam nas superestrelas e que nós não vemos, mas que comandam tudo fingindo que não existem. Ironia ou camuflagem? Gosto de pensar que estão camuflados e que eu os desmascarei.

Talvez alguns dos meus neurônios possuam átomos rebeldes que resolveram se revelar.

Nosso cérebro molda o tempo conforme suas próprias regras – ao mesmo tempo em que leva milissegundos para compreender uma palavra, pode precisar de uma vida inteira para entender o significado de uma lembrança. Somos feitos de tempos, pequenos e grandes, rápidos e lentos, todos coexistindo dentro de um mesmo organismo que insiste em buscar sentido em sua efêmera existência.

Somos prisioneiros do tempo, mas também seus escultores. Enquanto ele dita o ritmo dos batimentos de nosso coração, é em nossas memórias que ele encontra sua eternidade.

Que tempo estamos vivendo agora? O da respiração, o do pensamento, o do sentir? Ou, quem sabe, todos ao mesmo tempo?

Nossa soberba nos sussurra a ilusão da eternidade, fazendo-nos acreditar que somos mais do que meros

instantes no fluxo infinito do cosmos. Alimentamos a vaidade de que nosso tempo é absoluto, ignorando a verdade silenciosa: há tempos e tempos, e o universo seguirá sua dança imperturbável, indiferente à nossa fugaz existência.

Mas mesmo o tempo, esse senhor aparentemente imutável, não escapa à majestade da gravidade. Ele não reina soberano; curva-se diante dela, dobrando-se ao peso das estrelas, inclinando-se ao chamado dos gigantes celestes. Pois se tudo que existe sente a atração invisível da gravidade, o próprio tempo não poderia ser exceção.

Assim como a gravidade esculpe o universo, o tempo esculpe nossas vidas. Mas será que somos apenas passageiros desse fluxo inexorável, ou há algo além do tempo e da gravidade que nos define?

Essas reflexões nos levam a questionar: o que realmente é a vida? Seria apenas um aglomerado de átomos? Se os átomos fossem seres vivos, como se alimentariam, se reproduziriam, como existiriam? Por outro lado, se não são vivos, como podem constituir tudo o que é vivo? Afinal, as coisas vivas são formadas por elementos não vivos – então por que uma pedra não está viva? E, mesmo não sendo uma entidade material, a gravidade está sempre presente, interferindo e direcionando tudo.

A gravidade é invisível, mas molda o universo e a própria existência. Seria a vida apenas um acaso moldado por essas forças cósmicas? Ou há algo mais, além do que podemos perceber? No final, tudo está conectado. Tenho mais perguntas do que respostas.

Talvez a resposta nunca seja encontrada. Talvez, no fim, o que importa não seja o destino, mas o ato de questionar, de se maravilhar, de existir.

O TEMPO QUE NOS CONTROLA

Todos temos em nosso corpo diversos órgãos e elementos que atuam como uma espécie de relógio biológico que controla inúmeras coisas na hora do dia (hormônios, substâncias químicas e sinais nervosos). Quando acordamos pela manhã e recebemos luz nos olhos, essa luz caminha até chegar em algumas células específicas que desencadeiam no cérebro um sinal de que é dia e que algumas coisas precisam ser feitas.

A pele, embora seja um órgão sensorial incrivelmente sensível capaz de detectar calor, frio, pressão e dor, não é conhecida por desempenhar um papel direto na recepção de luz para sincronizar os ritmos circadianos da mesma maneira que os olhos. Os principais responsáveis pela sincronização dos ritmos circadianos com o ambiente são células especializadas na retina do olho, conhecidas como células ganglionares retinianas sensíveis à luz (ipRGCs, pela sigla em inglês). Essas células contêm um pigmento fotossensível chamado melanopsina, que é sensível a mudanças na luz ambiental, especialmente à luz azul.

Quando a luz penetra nos olhos e atinge essas células, elas enviam sinais ao núcleo supraquiasmático (NSQ) no cérebro, o “relógio-mestre” que regula os ritmos circadianos. O NSQ então ajusta uma variedade de funções corporais de acordo com o ciclo de 24 horas,

incluindo o ciclo sono-vigília, liberação de hormônios, temperatura corporal e outros processos metabólicos.

Embora a pele não sincronize os ritmos circadianos como os olhos, pesquisas sugerem outras respostas sensoriais à luz. Por exemplo, estudos sugerem que a pele pode responder a certos estímulos de luz UV para ajudar na produção de vitamina D. No entanto, essa capacidade de resposta à luz UV pela pele não está diretamente relacionada à regulação dos ritmos circadianos.

A pesquisa continua explorando diversos aspectos da interação entre o corpo humano e os ciclos de luz e escuridão, incluindo como diferentes tecidos respondem à luz e qual pode ser seu impacto indireto nos ritmos circadianos e na saúde geral.

Ou seja, esse ciclo circadiano funciona como o relógio natural, ou como alguns gostam de chamar, relógio biológico. Ter esse marcador de tempo baseado na recepção de uma radiação específica (luz), nos faz refletir que o surgimento dos olhos é algo no mínimo curioso e complexo, já que os primeiros seres não possuíam.

Se o nosso relógio biológico responde por meio de estímulos externos, neste caso a luz visível, e se sabemos que a luz é resultado de saltos quânticos dos elétrons quando estão ocupando locais de maior energia e passam para locais de menor energia, liberando fótons de luz, ou seja, no fim das contas, nossos dias, nossas ideias e até aquele pensamento brilhante que temos no banho são obra dos elétrons. Estamos todos à mercê dessas minúsculas partículas hiperativas, que nunca param e nunca pedem férias, eventualmente querem rapaduras ou chocolates.

Filosofando um pouco mais, quando falamos de buraco negro, sabemos que uma das consequências do buraco negro é justamente a mudança no tempo, especialmente para quem está perto dele, pois a gravidade afeta o tempo. Mas quem gera a gravidade, ou seja, quem gera a curvatura do espaço-tempo? Não são as partículas (prótons, elétrons, nêutrons, todos colapsados)? Então podemos adotar um outro ponto de vista desta temática sobre tempo e observar que o tempo, regulado pela gravidade, também é fruto das partículas.

Ou seja, tudo que existe e interage deve sua existência a elas. Isso nos leva a uma conclusão inusitada: tudo é elas e tudo vem delas. Nossa própria existência depende dessas partículas, mesmo que elas não tenham a menor ideia do que estão fazendo. Se o universo opera em harmonia, como essas partículas ‘escolheram’ organizar tudo dessa maneira? Eis o mistério: na Física Clássica, toda ação exige um agente. Se isso não fosse verdade, as leis de Newton estariam equivocadas. Sempre há um autor, pois, se isso não vale, as leis de Newton estariam inválidas, já que toda ação exige uma reação, já que nenhuma reação ocorre sem que haja um agente que tenha gerado uma ação anterior. Causa e efeito.

Mas você pode estar se perguntando sobre a autoria: e se a autoria é das próprias partículas fundamentais, qual o problema? Eu diria nenhum, se não houvesse qualquer ser consciente para atestá-la. Olhando por essa perspectiva, a nossa existência poderia não ser encarada como obra do acaso, porque o acaso não é uma premissa fundamental das coisas.

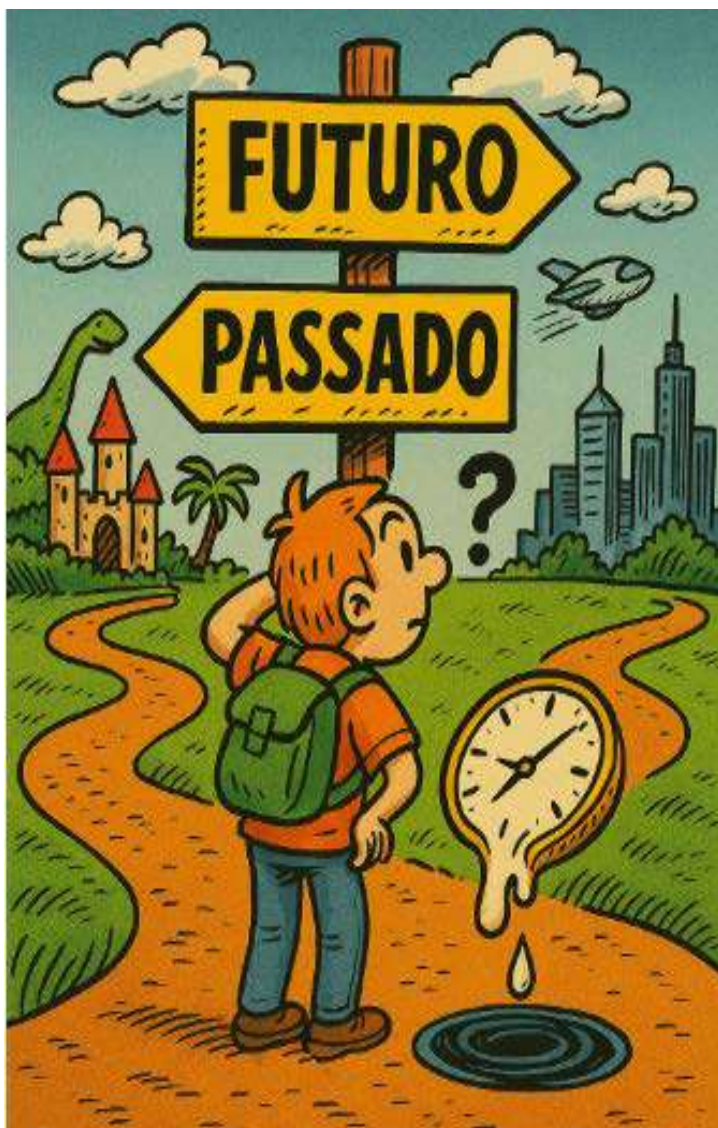
Será que tudo que existe foi criado? E se fosse ao acaso, não seria o próprio acaso um ente? Particularmente acredito que alguém nos quis aqui. Por que e para quê? Isso eu não posso responder no campo científico, mas tenho minhas convicções que me respondem essas questões e que estão relacionadas à minha Fé. Todos somos livres para acreditarmos no que quisermos, desde que nos respeitemos mutuamente.

Porém não podemos deixar de compreender que a ciência é uma incrível construção humana que nos ajuda a enxergar e a compreender um pouco da realidade e é por meio dela que conseguimos desenvolver tecnologias, curar doenças, realizar cirurgias, produzir alimentos, produzir vacinas, entre outras coisas e gerar bem-estar para as pessoas. Negá-la é voltar para a escuridão.

Mas voltando ao título inicial e respondendo sua indagação: seria o tempo uma ilusão? Talvez sim, mas uma ilusão necessária para controlar processos. Assim como a energia serve de parâmetro para a evolução dos sistemas – embora nunca a vejamos diretamente –, o tempo pode ser apenas um acordo entre as partículas fundamentais para que tudo opere em harmonia. Mas essa já é uma questão filosófica.

VIAGEM NO TEMPO

Se você pudesse viajar no tempo, iria para o futuro ou para o passado?



Fonte: Imagem gerada por IA.

FUTURO

A possibilidade de viajar no tempo sempre fascinou cientistas, filósofos, e claro, pessoas curiosas como eu e você. As equações da Relatividade Geral de Albert Einstein sugerem que essa ideia pode não ser mera ficção. A teoria mostra que o tempo não é absoluto e pode ser afetado tanto pela velocidade quanto pela gravidade. Isso já foi comprovado na prática com a dilatação temporal: objetos que se movem próximos à velocidade da luz ou estão sob forte campo gravitacional experimentam o tempo de maneira diferente. Assim, viajar para o futuro é algo real e observável, mas a jornada ao passado ainda esbarra em grandes desafios.

A dilatação temporal é um dos pontos mais fascinantes da Teoria da relatividade. Vamos compreender.

Dilatação temporal é tipo assim:

Imagine que você vai fazer uma viagem num foguete muito rápido, quase na velocidade da luz. Enquanto você acha que só passou algumas horinhas passeando pelo espaço, aqui na Terra se passaram anos! Ou seja, para você o tempo passou devagar e para quem ficou aqui passou rápido.

É como quando você está de férias: para você, os dias voam. Mas para quem ficou trabalhando, parece que você sumiu por uma eternidade!

Em linguagem de Física, isso acontece porque, quanto mais rápido você se move, mais o tempo “dá uma esticadinha” para você. É o universo te dizendo: “Vai com calma, corredor!”

Mas a dilatação do tempo não ocorre só por conta da velocidade. Ela também pode ocorrer por causa da gravidade.

Se você passar um tempo perto de um buraco negro sem cair dentro dele e depois voltar para a Terra, notará que aqui se passaram anos ou séculos, enquanto para você foi questão de dias (lembra-se do filme *Interstellar*?). Aí você pode dizer: jamais conseguiremos chegar perto de um buraco negro, quanto mais passar um tempo por lá. Tudo bem, mas há evidências experimentais que comprovam essa ideia de viajar para o futuro.

Experimentos com partículas subatômicas chamadas múons mostram que elas vivem mais tempo ao viajar em alta velocidade, comprovando a dilatação temporal. Esse efeito não acontece apenas com partículas: até mesmo os satélites de GPS precisam corrigir seus relógios regularmente, pois, estando mais afastados da Terra, sentem menos o efeito da gravidade e acabam rodando mais rápido do que os nossos relógios aqui embaixo.

Este é um efeito previsto pela Teoria da Relatividade e que já foi comprovado. Os cientistas fizeram o seguinte experimento: colocaram dois relógios (A e B) ultraprecisos (chamados de relógios atômicos) em sincronia. O relógio A ficou na Terra e o relógio B foi colocado dentro de um avião supersônico que voou por algumas horas. Quando o avião voltou à base e compararam os relógios, o relógio B estava alguns milésimos de segundo atrasado em relação ao A.

Os astronautas da ISS também sofrem essa dilatação temporal tanto pela velocidade da estação quanto

pela distância da Terra. O físico Kip Thorne calculou que, para um astronauta que passa 6 meses na ISS, a diferença no tempo é de aproximadamente 0,005 segundos (5 milissegundos) a menos do que um relógio na Terra. Isso significa que eles viajaram para o futuro em relação a nós, pois vivenciaram o tempo um pouco mais devagar.

Na ISS, a velocidade da estação provoca uma dilatação do tempo maior do que a contração causada pela menor influência gravitacional. Por isso, os astronautas ainda experimentam o tempo passando um pouco mais devagar do que nós aqui na Terra.

É difícil de aceitar não é mesmo? Mas vou lhe tranquilizar: esses fenômenos só afetam partículas que viajam na velocidade da luz. Para nós, biologicamente falando, essas dilatações podem ser desprezadas.

PASSADO

Matematicamente falando, algumas soluções das equações de Einstein sugerem que viajar para o passado até poderia ser possível. Em 1949, o matemático Kurt Gödel teve uma ideia curiosa: ele encontrou uma solução que descrevia um universo que girava como um peão gigante. Nesse cenário, daria para seguir um caminho no espaço-tempo e, de repente, voltar para ontem!

O problema? Para isso funcionar, o universo inteiro teria que estar rodopiando feito uma bailarina cósmica — e, infelizmente, nossos telescópios mostram que o universo é muito mais “paradão” do que isso. Então, nada de visitar os dinossauros... pelo menos por enquanto!

Outra ideia surgiu dos estudos sobre buracos de minhoca, originalmente chamados de pontes de Einstein-Rosen.

Um buraco de minhoca é como uma porta secreta no universo: você entra de um lado e sai do outro, sem precisar viajar por todo o caminho normal. Tipo um portal “mágico”.

Pense no universo como um colchão. Se você quiser atravessar de um lado ao outro, pode andar sobre o colchão — ou fazer um túnel direto por dentro dele. O buraco de minhoca seria esse túnel.

Se essas estruturas pudessem ser estabilizadas com matéria exótica — é um tipo estranho de matéria que pode ter massa negativa ou se comportar de maneira diferente da matéria comum —, elas poderiam conectar diferentes pontos do espaço-tempo, permitindo viagens temporais.

Outra ideia, um pouco maluca, mas criativa, veio do físico Frank Tipler. Ele imaginou um cilindro gigante — tipo o maior canudo do universo — girando tão rápido que o espaço-tempo se enrolaria igual macarrão. Se a gente conseguisse esse truque cósmico, talvez desse para dar uma voltinha no tempo e visitar o passado.

O único detalhe chato? Esse cilindro teria que ser infinito. Ou seja, precisaríamos de um canudo tão grande que nem o universo teria espaço para ele. Então, por enquanto, fica só na imaginação mesmo! Além disso, os buracos negros em rotação, conhecidos como buracos de Kerr, apresentam soluções nas equações que indicam a possibilidade de acessarmos diferentes momentos do tempo dentro de seus horizontes de eventos.

O problema é que qualquer pequena perturbação pode desestabilizar essa estrutura antes que uma viagem temporal ocorra.

Mesmo que essas soluções sejam válidas matematicamente, elas enfrentam sérias dificuldades físicas e conceituais. A energia exótica necessária para manter buracos de minhoca abertos ainda não foi observada, e construir uma estrutura com as condições exigidas pelas equações da Relatividade Geral parece fora do alcance da nossa tecnologia. Além disso, surgem paradoxos lógicos, como o famoso paradoxo do avô, segundo o qual alguém poderia impedir sua própria existência ao interferir no passado. Alguns cientistas tentam resolver esse dilema sugerindo que qualquer viagem ao passado criaria uma linha temporal alternativa, evitando contradições. Os vingadores da Marvel que o digam!

Embora a matemática da Relatividade Geral não descarte a viagem no tempo, sua realização prática ainda permanece especulativa. As equações permitem que o tempo seja moldado e curvado de formas intrigantes, mas as limitações tecnológicas e os paradoxos associados tornam essa possibilidade algo, por enquanto, fora do nosso alcance. No entanto, à medida que avançamos na compreensão da física quântica e dos segredos do espaço-tempo, novas descobertas podem trazer uma resposta definitiva sobre a viabilidade dessas viagens. Até lá, a viagem no tempo segue sendo um conceito matematicamente possível, mas fisicamente improvável.

Apesar disso, já dominamos uma forma extremamente sofisticada de viajar no tempo, e muitas vezes nem

nos damos conta disso: o pensamento. Quando aces-
samos nossas memórias, vamos ao passado e quando
criamos situações e cenários, vamos ao futuro. Já ou-
viram dizer que existem pessoas que estão à frente
do seu tempo? Será que no futuro teremos uma Física
Quântica unida à Relatividade e ambas aplicadas em
tecnologias de inteligência artificial que nos permitirão
viajar no mundo do pensamento, acessando o passado
e projetando o futuro?

O mais curioso? As partículas fundamentais já
conhecem a resposta, mas parecem não se importar.
Para elas, passado, presente e futuro são apenas dife-
rentes formas de existir. No fim das contas, parece que
só a consciência humana se angustia com essa questão
no universo.

A VIAGEM AO BURACO NEGRO

Uma experiência com o tempo

Imagine que, no lugar do Sol, houvesse um buraco
negro. Apesar da falta de luz e calor (e da inevitável ex-
tinção da vida como conhecemos), gravitacionalmente
os planetas continuariam orbitando normalmente, sem
notar a diferença—exceto pelo detalhe de que o céu se-
ria um eterno breu.

Cientistas, fascinados pela Teoria da Relatividade
de Einstein, decidem enviar uma nave com três tripu-
lantes de 20 anos para testar um dos efeitos mais es-
tranhos do universo: a dilatação do tempo. A missão?
Ficar 1 ano orbitando o buraco negro em uma região
extremamente próxima ao seu horizonte de eventos,

a apenas 1,01 vezes o raio de Schwarzschild—basicamente, flertando com o ponto de não retorno.

Mas a grande pergunta é: quanto tempo se passaria na Terra enquanto a nave completa sua missão?

Depois de muitos cálculos, os cientistas chegaram a um resultado impressionante. Para os tripulantes, apenas 1 ano se passaria dentro da nave. Porém, quando retornassem, os calendários da Terra estariam 10 anos e 7 meses à frente. Em outras palavras, os tripulantes ainda teriam 21 anos, mas para quem ficou na Terra, eles deveriam ter 31 anos e 7 meses. Para seus amigos e familiares, pareceria que eles haviam viajado para o futuro—sem precisar de nenhuma DeLorean, apenas um buraco negro amigável.

E as surpresas não param por aí. Enquanto orbitavam o buraco negro, se os tripulantes olhassem para a Terra, veriam tudo em alta velocidade — as pessoas envelhecendo num piscar de olhos, cidades crescendo, modas vindo e indo (adeus crocs, olá crocs de novo!). Já para os cientistas na Terra, a nave pareceria se mover cada vez mais devagar, sua luz ficando avermelhada até desaparecer completamente, como um *wi-fi* ruim carregando um vídeo em 144p. Esse fenômeno é conhecido como desvio para o vermelho gravitacional.

Agora, se por algum motivo um dos tripulantes decidisse abrir a escotilha e pular para dentro do buraco negro, ele sofreria um efeito chamado espaguetificação. E não, isso não significa virar um prato de macarrão delicioso, mas sim ser esticado como um fio de espaguete enquanto é puxado para dentro, devido

à diferença de forças gravitacionais entre sua cabeça e seus pés. Definitivamente, não é a forma ideal de turismo espacial.

Essa experiência nos ensina algo fascinante: o tempo não é absoluto, mas depende da gravidade e da velocidade. Einstein já havia previsto isso há mais de 100 anos, e hoje sabemos que os satélites de GPS precisam corrigir esse efeito diariamente para nos dar a posição correta (ou pelo menos nos deixar errar o caminho sozinhos).

Mas e se existissem seres que habitassem próximo a essas regiões? O que eles já teriam observado do universo? Será que teriam milênios de sabedoria? Ou será



Fonte: Imagem gerada por IA.

que foi daí que Erich von Däniken teve sua inspiração para escrever *Eram os Deuses Astronautas*?

Bem-vindos ao mundo da imaginação e especulação, onde usamos a ciência para viajar não apenas pelo espaço, mas também pelo tempo e pelo pensamento. Afinal, se um buraco negro pode nos transformar em macarrão e nos mandar para o futuro, quem sabe o que mais o universo nos reserva?

Acredito que nem Alice imaginou isso quando caiu na toca do coelho... Mas e se, no fundo, a toca fosse um buraco negro?

O buraco negro, afinal, é mais do que uma curiosidade cósmica — ele é um convite à reflexão. Quando brincamos com as ideias de tempo distorcido, espaguetificação e futuros alternativos, acabamos esbarrando em algo mais profundo: o nosso próprio lugar no universo. O que somos, afinal, senão passageiros do tempo tentando entender aonde estamos indo? Antes mesmo de pensar em atravessar um buraco de minhoca, talvez seja hora de atravessar outra fronteira — a da própria existência.

EXISTÊNCIA

Afinal, o que é existir?

Essa é uma daquelas perguntas que a gente faz olhando para o teto à meia-noite, tentando dormir, e que normalmente termina com a gente pegando o celular para ver vídeo de gato. Mas ela é profunda. Filosoficamente profunda. E a resposta depende muito de quem está respondendo.

Para alguns ramos da ontologia (aquele ramo da filosofia que tenta entender o “ser” sem enlouquecer no processo), existir é simplesmente ser. Ser algo em si mesmo, independentemente da opinião alheia. Já na ciência, existir é poder ser medido, detectado, interferir em algo no universo físico — tipo uma estrela, um grão de areia ou aquele seu tio que interfere em todos os churrascos da família. E na experiência subjetiva, existir é sentir-se vivo, ter consciência de si, viver emoções, desejos, pensamentos — e às vezes comer brigadeiro escondido à noite.

Mas será que o ato de existir reside no ato de pensar?

Essa pergunta lembra a célebre frase de Descartes: “*Cogito, ergo sum*” (Penso, logo existo). Para ele, o pensamento era a única certeza inabalável: se estou pensando, então sou. Mesmo que o mundo inteiro seja uma grande pegadinha cósmica, o simples fato de pensar já garante a existência de quem pensa.

Mas aí a gente pode contra-argumentar: e uma pedra? Uma árvore? Um bebê recém-nascido que ainda nem sabe o que está acontecendo? Eles não pensam conscientemente como Descartes queria... então, deixariam de existir?

Talvez a existência esteja vinculada à percepção de outra pessoa?

Para Berkeley, sim. Ele dizia que as coisas existem na medida em que são percebidas. Ou seja, ser é ser percebido (os *influencers* que o digam). Tipo aquele *look* novo que você colocou e ninguém elogiou — será que ele existiu mesmo? Nesse raciocínio, tudo depende da

consciência do outro. A psicologia social vai pelo mesmo caminho: parte da nossa identidade e da nossa existência simbólica vem da forma como o outro nos enxerga. Se ninguém me vê, se ninguém me reconhece... eu existo?

Fisicamente, sim. Socialmente e simbolicamente? Talvez não. É tipo aquela figurinha que você manda no grupo e ninguém responde — a gente se sente um pouco invisível, né?

Então, aonde isso tudo nos leva?

Talvez a existência não esteja apenas no “pensar” nem apenas no “ser percebido”.

Talvez a resposta esteja em uma terceira via: existir é estar conectado.

Já parou para pensar que o ato de existir não está em simplesmente “ser”, mas em estar? Estar em movimento. Estar em queda. Estar no tempo. Estar com o outro. Estar no universo. Estar com fome às três da tarde. Estar lendo e refletindo sobre este livro.

Somos filhos da gravidade, netos do tempo e bisnetos do acaso — ou do propósito, dependendo de como sua mente interpreta o silêncio do cosmos. Mas uma coisa é certa: nada existe sozinho.

Você só respira porque há ar. Só sente porque há nervos. Só ama porque há o outro. E só é consciente porque há uma estrutura chamada tempo, que organiza seus pensamentos como páginas de um livro que você lê enquanto escreve (e às vezes rabisca à caneta, mesmo sabendo que não tem como apagar depois).

A gravidade, silenciosa, puxa tudo para junto. Talvez ela seja a lembrança física de que existir é estar em relação: com o chão, com o céu, com as pessoas, com o

sentido. Até a luz precisa de espaço para brilhar. Até o pensamento precisa de tempo para acontecer.

Existimos porque o universo se organizou em uma dança improvável, na qual tudo está em harmonia: massa, energia, curvatura, caos e ordem. E no meio dessa dança, nascemos nós — não por acidente, mas talvez por necessidade. Uma necessidade cósmica de se reconhecer.

Afinal, talvez você seja o olhar do universo voltado para si mesmo. E se for isso mesmo... que baita responsabilidade, hein? A boa notícia é: não é preciso entender tudo. Nem tudo precisa ser resolvido como uma equação. Mas é preciso, ao menos uma vez na vida, sentir-se parte de tudo. Isso já é existir.

Existir é participar de algo maior, inexplicável em termos puramente mecânicos — um mistério que se estende além da matéria, da lógica e da matemática (e talvez até do sinal do *wi-fi*).

Entre a gravidade que nos prende e o tempo que nos empurra, talvez o universo tenha inventado tudo isso só para te dar a chance de sorrir ao olhar para o céu — porque você não está apenas no universo... o universo também está em você! Sorria, você pode estar sendo observado.

REFERÊNCIAS

ARIZONA STATE UNIVERSITY. **Átomos e vida**. Ask A Biologist. Disponível em: <https://askabiologist.asu.edu/átomos-e-vida>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CANALTECH. **Os 10 animais com a maior expectativa de vida do mundo**. 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/meio-ambiente/os-10-animais-com-a-maior-expectativa-de-vida-do-mundo-193886/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

FUNDAÇÃO CECIERJ. **Introdução à zoologia**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2022. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/082022/2596cd05143d0b16341aed2611d9a924.pdf>. Acesso em: 25 maio 2024.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

NATIONAL GEOGRAPHIC PORTUGAL. **O tempo de vida dos animais**: dos mais efêmeros aos mais longevos. 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographic.pt/mundo-animal/animais-mais-longevos-e-mais-efemeros-mundo-esponja-vidro-medusa-imortal-corais-mosca-da-fruta_5087. Acesso em: 19 jun. 2024.

NUNO35. **Elementos químicos essenciais para o ser humano**. Projetos SAPO, 2007. Disponível em: <https://>

nuno35.blogs.sapo.pt/elementos-quimicos-essenciais-para-o-1504. Acesso em: 7 jan. 2025.

OKUNO, Emico. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

TODA BIOLOGIA. **Tempo de vida dos animais**.

Disponível em: https://m.todabiologia.com/zoologia/tempo_vida_animais.htm. Acesso em: 7 jan. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

Fisiologia animal comparada. UFSC, 2020. Disponível em: <https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Fisiologia-Animal-Comparada.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2024.

WALKER, Jearl; HALLIDAY, David; RESNICK, Robert.

Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. (Todos os volumes).

Para saber mais
aponte a câmera
para o QR Code



SOBRE O LIVRO

Formato:	14x21 cm
Tipologia:	Georgia
Número de Páginas:	116
Suporte do livro:	E-book

Todos os direitos reservados.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
BR-153 – Quadra Área, Km 99 – 75.132-903 – Anápolis (GO)
www.ueg.br / Fone: (62) 3328-4866



Leandro Daniel Porfiro

é professor de Física com mais de 25 anos de experiência.

Especialista em Formação de professores (PUC-GO).

Especialista em Ciências da Natureza (UnB). Mestre em

Educação em Ciências e

Matemática (UFG). Doutor em Educação (PUC-GO). Escritor.

Astrônomo amador.

Tudo está conectado: Gravidade, Tempo e Existência (v. 2). Por que existimos? O que a gravidade tem a ver com o formato do nosso corpo? E o tempo... seria ele uma ilusão necessária? Neste segundo volume da série *Tudo está conectado*, Leandro Daniel conduz o leitor por uma jornada surpreendente onde ciência, filosofia e imaginação se entrelaçam. Sem recorrer a equações complicadas (mas deixando você com vontade de abrir uma calculadora em alguns momentos), o autor revela como a gravidade, o tempo e a existência se entrelaçam em uma dança invisível que influencia tudo, da órbita dos planetas até o peso das suas preocupações existenciais. Prepare-se para enxergar o universo sob uma nova perspectiva — onde até tropeçar na calçada é considerado um experimento prático sobre a curvatura do espaço-tempo. Segure seu queixo (literalmente): ele pode cair... e a gravidade, claro, vai fazer questão de ajudar.