

*Marcelo Knobel*

# A ilusão da Lua

Ideias para  
decifrar o  
mundo por  
meio da ciência  
e combater  
o negacionismo



editora**contexto**

---

*Copyright* © 2021 do Autor

Todos os direitos desta edição reservados à  
Editora Contexto (Editora Pinsky Ltda.)

*Foto de capa*  
Jaime Pinsky

*Montagem de capa e diagramação*  
Gustavo S. Vilas Boas

*Coordenação de textos*  
Luciana Pinsky

*Preparação de textos*  
Lilian Aquino

*Revisão*  
Ana Paula Luccisano

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Knobel, Marcelo  
A ilusão da Lua : ideias para decifrar o  
mundo por meio da ciência e combater o  
negacionismo / Marcelo Knobel. – São Paulo  
: Contexto, 2021.  
160 p.

ISBN 978-65-5541-048-8

1. Ciência 2. Pensamento científico 3.  
Pseudociência I. Título II. Knobel, Marcelo

21-0594

CDD 501

---

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Índice para catálogo sistemático:  
1. Ciência – Pensamento científico

---

2021

---

EDITORA CONTEXTO

Diretor editorial: *Jaime Pinsky*

Rua Dr. José Elias, 520 – Alto da Lapa

05083-030 – São Paulo – SP

PABX: (11) 3832 5838

[contexto@editoracontexto.com.br](mailto:contexto@editoracontexto.com.br)

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

---



# *Sumário*

Introdução

PARTE I

A CIÊNCIA AO REDOR

A ilusão da Lua

Culinária: arte e ciência

Algoritmo científico para cozinhar o peru perfeito

A complexidade de tirar um bom café

Sopa fria, café quente

A Física sob um cobertor de lã

Rumo ao ouro, com ciência e tecnologia

Como uma onda no mar...

Revoada auto-organizada

A Física do canto do canário  
Limbo de fronteira (e linguístico)  
A percepção da altura de sons complexos  
O poder da audição  
O mistério oculto do magnetismo  
Gravação magnética e spintrônica

## PARTE II

### O PENSAMENTO CIENTÍFICO

A bela jornada da ciência  
Preocupações sociais para o desenvolvimento coletivo  
Publicar e perecer  
Einstein por todos os cantos  
Devemos investir em ciência básica?  
Que brilhe a luz!  
E o que pensa a sociedade?  
Divulgação científica de qualidade  
Aptidão tecnológica  
Realidade concentrada

## PARTE III

### PSEUDOCIÊNCIA, NEGACIONISMO E SUAS

## CONSEQUÊNCIAS

Dá para escapar da pseudociência?

Ameaça silenciosa

Faíscas da lei

O caso dos canudos plásticos

Vitória apertada da evidência

Agradecimentos

O autor



# *Introdução*

Ainda me lembro da primeira vez que meu filho perguntou por que uma colher caía no chão. Como físico, rapidamente passaram por minha cabeça diversas maneiras de responder a essa pergunta, com níveis de complexidade diferentes. Podia usar desde uma visão aristotélica, dizendo que a colher cai porque o chão é o lugar natural dela, até uma visão einsteiniana, explicando-lhe a distorção no espaço-tempo causada pela Terra. Optei por tentar explicar a força da gravidade, o que não é tão trivial para uma criança de 3 anos quanto pode parecer.

As crianças têm muita curiosidade, excesso talvez, que infelizmente vai diminuindo com o passar dos anos. Na realidade, não é a vontade de entender o mundo que vai diminuindo, é a frustração das crianças com as respostas que vai aumentando. Mas já dizia Francis Bacon que “do assombro nasce o conhecimento”, e precisamos fazer reflorescer nas pessoas a curiosidade e a vontade de querer entender mais sobre os mistérios que nos cercam.

Não faltam mistérios e assombros quando pensamos em nosso universo e em nossa vida. Há mais Física, Química, Psicologia ou Biologia ao nosso redor do que percebemos. A ciência enxerga esses mistérios por meio de muitos pontos de vista. Digamos que cada ponto

de vista tem acesso a um conjunto de lentes e lupas para analisar e entender um lado da questão. É exatamente pela percepção das conexões entre as observações feitas de vários pontos de vista que se chegará mais perto da compreensão de um fenômeno. Claro que isso demanda esforço conjunto e muito tempo. Não é à toa que ainda existem inúmeros mistérios que a ciência não foi capaz de entender, e para entendê-los, seja para satisfazer a nossa curiosidade, seja para avançar tecnologicamente, precisamos de novas gerações de insaciáveis curiosos.

Por vezes, aulas desestimulantes na escola e apostilas burocráticas acabam por aplacar o fascínio natural por desvendar esses mistérios. Os prejuízos desse desapego pela ciência são sentidos duramente nos dias de hoje e amplificados em redes sociais, nas quais pouco importa o que é conhecimento lapidado ao longo de séculos e o que é puro achismo. Infelizmente, a ignorância e a insensatez com frequência têm comandado decisões empresariais, governamentais e individuais.

Que remédio há para esses males? Entre tantas dúvidas que temos sobre a vida e o Universo, essa não é uma delas. Quanto mais as pessoas aprenderem a pensar criticamente, a questionarem as informações, menos gente propagará a desinformação.

Assim, organizo este livro em torno de três pilares – a ciência que nos rodeia em pílulas de exemplos cotidianos; a maneira de fazer ciência e como é importante divulgá-la corretamente; e o perigo das pseudociências.

A ideia é discutir os processos da ciência e como podemos aproveitá-la nas tomadas de decisões. Ficarei satisfeito se este livro provocar novos questionamentos e muitas conversas. Espero que você, leitor curioso, seja arrebatado nesta jornada e nunca mais enxergue o mundo, a vida e seus detalhes cotidianos do mesmo jeito.

# PARTE I

## *A ciência ao redor*

De que forma a Física, a Química e outras ciências permeiam o nosso dia a dia, do sabor do cafezinho ao voo dos pássaros? Sem querer ser um compêndio de curiosidades científicas, estes capítulos ilustram como a ciência está presente em nossas vidas e, apesar de sua beleza, muitas vezes passa despercebida.





## *A ilusão da Lua*

Foi com espanto que ouvi do meu professor de Óptica, já no terceiro ano do curso de Física, a explicação sobre um fenômeno conhecido como “ilusão da Lua”. Apesar de ter intrigado a humanidade durante séculos, até aquele momento eu não tinha parado para pensar por que a Lua fica tão grande quando está próxima do horizonte e parece diminuir tanto quando está alta no céu. Todos nós já percebemos esse efeito que, de fato, é um belo exemplo de ilusão de óptica, bem realista, pois a Lua, claro, é sempre do mesmo tamanho – não muda nada dependendo da posição no céu. E é fácil testar isso, basta realizar uma medida do diâmetro da Lua nas diferentes posições para verificar que a mudança de tamanho é simplesmente uma ilusão. Pode-se usar uma régua (posicionada em uma distância fixa dos olhos), uma moeda, um comprimido ou mesmo um papel com um furinho para rapidamente notar que o tamanho permanece sempre o mesmo. Fotografar a Lua nas diferentes situações também é uma solução interessante para realizar o experimento.

O mais incrível é que ainda não há um consenso sobre uma explicação razoável para a ilusão da Lua. Que é uma ilusão já sabemos, mas as nossas limitações sobre o entendimento da percepção óptica e do

funcionamento de nosso cérebro impedem que haja uma explicação completamente aceita pela comunidade científica para explicá-la. Uma ideia plausível, e bem aceita, é a questão da referência de outros objetos. No horizonte, geralmente temos outros objetos com os quais comparamos o tamanho da Lua, como árvores, casas, montanhas. Nessa perspectiva, a Lua adquire em nossas mentes um tamanho maior do que quando a observamos sozinha no céu, sem pontos de referência. Essa explicação relaciona-se com outra ilusão famosa, conhecida como Ilusão Ponzo. Entretanto, os relatos de percepção (que chegam a indicar que a Lua parece de 50% a 75% maior quando está no horizonte do que no zênite) e o fato de que a ilusão permanece mesmo em situações nas quais não há objetos de referência (como em alto-mar) parecem indicar que devem existir outras causas para o fenômeno.

Contudo, o verdadeiro mistério é entender por que o cérebro nos engana desse jeito. Uma das explicações é conhecida como “teoria da distância aparente”. Ao ter pontos de referência no horizonte, a mente seria compelida a indicar que a Lua está muito distante. Entretanto, a imagem da Lua no olho (os pontos de luz reais que incidem na retina) é do mesmo tamanho do que a imagem dela no zênite, sem referências para a distância. O nosso cérebro tentaria escapar então de um paradoxo: um mesmo objeto situado longe e perto não poderia produzir imagens do mesmo tamanho; portanto, involuntariamente vemos a Lua no horizonte como um objeto maior.

Apesar de ser relativamente bem aceita, e com diversas comprovações práticas, há também nessa teoria algo muito estranho. Para nós, a Lua parece mais próxima quando está no horizonte do que no alto do céu, e não ao contrário, como indicaria a teoria da distância aparente. Os psicólogos que estudam esses fenômenos sensoriais parecem ter uma explicação razoável para esse fato. Segundo eles, deve-se partir da premissa de que essa ilusão (assim como todas as demais) ocorre de modo inconsciente e, assim, observamos uma Lua enorme no horizonte.

A especulação é que, na sequência, a nossa mente consciente assumiria o comando, associando o tamanho da Lua com a sua distância, ou seja: como a Lua parece enorme, ela deve estar muito próxima. Não se convenceu? Não se preocupe, não há realmente consenso sobre o assunto e existem pelo menos oito teorias diferentes para tentar explicar de forma mais convincente essa incrível ilusão.

Sabemos que é uma ilusão, mas é tão forte que é difícil se convencer disso. De acordo com o canadense Jay Ingram, comunicador científico, a ilusão da Lua é um argumento perfeito contra a acusação de que as explicações científicas removem o mistério da natureza, que o universo é mais deslumbrante se não soubermos como ele funciona. Nesse caso, o oposto é o verdadeiro! É fascinante saber que o tamanho da Lua no horizonte não passa de um mero artifício mental, e a verdadeira emoção é acompanhar a evolução das ideias, baseadas em observações e experimentos que surgem para tentar explicar esse verdadeiro enigma.

Não há um dia sequer, quando tenho a felicidade de ver uma enorme Lua no horizonte, que não pense sobre isso. Apesar de saber sobre o fenômeno, ter feito o teste e estar convencido de que é verdade, o fascínio dessa ilusão continua sempre muito impactante.



## *Culinária: arte e ciência*

“Cheiro de casa, sabor com aconchego. Assim é o pão caseiro recém-saído do forno.” Li essa frase em uma página de receitas na internet e, de fato, já me deu água na boca... Quem foi que teve a brilhante ideia de misturar ingredientes tão simples para obter no final algo tão especial? Essa pergunta surge não só com o pão, mas também com outras iguarias que degustamos diariamente.

É incrível notar que somos as únicas criaturas na face da Terra que comemos alimentos processados e cozidos (a não ser, é claro, os animais domésticos). Essa habilidade de condimentar, preparar e modificar os alimentos brutos está intimamente relacionada ao desenvolvimento do ser humano. Além de importantes mudanças físicas e fisiológicas, como o movimento bípede e o crescimento do cérebro, nossos ancestrais também iniciaram os primeiros passos dessa ciência empírica, que é a culinária. Os alimentos cozidos são mais fáceis de digerir, mais seguros de armazenar e, provavelmente, foi o meio mais eficaz de introduzir proteínas complexas na dieta dos seres humanos. Estima-se que, ao introduzir a prática do churrasco, os caçadores primitivos conseguiram pelo menos dobrar o consumo de calorias ingeridas. Algumas substâncias tóxicas (ou não muito saborosas) presentes em determinadas raízes

podem se tornar comestíveis, e até agradáveis, após o cozimento. Todos esses fatores provavelmente auxiliaram no desenvolvimento intelectual da espécie.

Assim como nos desenvolvemos, a culinária também se desenvolveu no decorrer dos anos. Milhões e milhões de tentativas e erros gradualmente levaram ao aprimoramento de receitas que se consolidaram em diferentes regiões do planeta. Foi apenas uma questão de tempo até que os “*chefs* de cozinha” pré-históricos notassem que algumas maneiras específicas de preparar os alimentos modificavam e melhoravam o sabor. As carnes grelhadas, por exemplo, se impuseram como uma das maneiras mais saborosas de preparo. Por quê?

Por um lado, a superfície da carne endurece porque o líquido evapora e as proteínas coagulam; por outro, os constituintes da carne reagem quimicamente para formar moléculas aromáticas e coloridas, formando uma crosta crocante e saborosa. Já no interior da carne, as moléculas de colágeno que tornam a carne rígida se degradam e a carne amolece (isso ocorre em torno de 70°C a 80°C). A energia térmica, nesse caso, é suficiente para quebrar as ligações mais fracas entre os átomos de certas moléculas, desnaturando as proteínas.

As proteínas desnaturadas assemelham-se a longos fios que se desenrolam e começam a se agitar em todas as direções. Nesse ponto, a carne endurece um pouco (mas não muito), pois as proteínas podem ligar-se entre si, ou melhor, coagular. Entretanto, se o cozimento é prolongado, as moléculas de água que permaneceram ligadas às proteínas são expelidas e a carne fica dura demais. Ou seja, o cozinheiro deve encontrar um ponto ótimo que degrade o colágeno, mas que evite que as proteínas, tendo coagulado ao redor de 70-80°C, sequem e endureçam.

De fato, há diversos modos de realizar essa façanha: ao cozinhar a carne rapidamente, evita-se a difusão dos líquidos para o exterior e a carne fica suculenta. Existem milhares de outros segredos que os bons churrasqueiros de fim de semana não compartilham com ninguém, mas

que provavelmente têm uma explicação científica.

Certamente, há muitos mitos e muitas lendas na prática culinária, mas sem dúvida há também verdades irrefutáveis. Em várias receitas, a ordem em que os ingredientes são inseridos é de importância vital. Em outras, basta bater com um pouco mais de força, ou por um tempo infimamente maior do que o indicado, que o resultado é simplesmente desastroso. Ao trabalhar no fogão ou no forno, qualquer cozinheiro sabe o cuidado que deve ter ao lidar com a temperatura e suas variações, que podem arruinar uma receita complicadíssima. De maneira similar à ciência, esses conhecimentos são transmitidos e repassados por publicação de receitas, de dicas familiares, de programas de televisão. Cada receita é validada, testada, reciclada, adaptada, aprimorada e, naturalmente, se modifica.

Além do enriquecimento das receitas, os métodos de processar e cozinhar alimentos, e até os próprios alimentos, se desenvolveram com o tempo. Hoje em dia, a ciência culinária conta com o auxílio de poderosos métodos de análise que detectam, por exemplo, a presença de compostos aromáticos em concentrações homeopáticas, mas com papel preponderante. Contudo, esse conhecimento não necessariamente se traduz em melhores métodos de preparo. Diversas áreas da ciência se misturam na cozinha. Naturalmente, aparecem a Química, a Biologia e a Física, mas há também várias áreas de Engenharia (em instrumentos, equipamentos e materiais), Sociologia, História, Psicologia, entre outras. Na maior parte dos casos, os cozinheiros são intuitivos e fazem diversas tentativas até uma receita chegar ao resultado esperado; muitas vezes, o experimento simplesmente não funciona e nós sequer ficamos sabendo. Assim, a prática científica e a culinária são muito parecidas, e cada vez mais próximas. Há bastante ainda para se entender, e muitos cientistas têm trabalhado na conexão entre a alimentação, a percepção (de sabores, de cores, de odores) e a complexa relação com a mente humana, com a história e com as memórias. Creio que é um dos assuntos mais

complexos, intrigantes e interessantes que existem, pois afeta a todos... Todos mesmo.

Assim como ocorre na ciência, na culinária também dependemos de *insights* de grandes mestres, que conseguem, como ninguém, combinar harmoniosamente ingredientes, realizar combinações inusitadas e criar paladares e aromas inigualáveis. Nesses momentos, a ciência culinária sofre revoluções e transformações e se confunde incontestavelmente com a arte, como uma das mais sublimes modalidades da expressão humana.



## *Algoritmo científico para cozinhar o peru perfeito*

Além de uma decoração natalina cheia de flocos de neve e um Papai Noel vestido para o pior dos invernos, herdamos do hemisfério Norte o hábito de comer algumas comidas “tradicionais” nas festividades de fim de ano. Entre elas, o peru. Quem cozinha (ou tem conhecimento sobre) sabe a dificuldade de preparar um peru adequadamente. Muitas vezes, por conta do tamanho da ave, a parte interna pode ficar crua. Se se cozinhar em uma temperatura muito elevada, ou por muito tempo, o peru pode ficar completamente seco e sem graça. Como fazer, então, um peru perfeito?

O peru é uma combinação de três partes de água para uma parte de gordura e uma parte de proteína. A carne do peru vem de fibras musculares (majoritariamente proteínas). Ao cozinhá-lo, as fibras musculares se contraem até começarem a quebrar, em torno a 80°C, fazendo com que as proteínas se desemaranhem; e a consequência é o músculo se tornar mais macio. O colágeno na ave (uma das três fibras proteicas que conecta os músculos aos ossos) se quebra em moléculas mais gelatinosas enquanto ocorre o desenredar. A secura do peru é o

resultado da coagulação dessas proteínas, que ocorre se o cozimento for muito longo, como vimos no capítulo “Culinária: arte e ciência”.

Como o peru mais anda do que voa, ele tem enorme diferença entre as pernas e o peito, o que dificulta que essas partes sejam cozinhadas de maneira igual. No peito, a carne é branca, leve e enorme. O peito deve ser cozinhado em alta temperatura para liberar sabor, e por pouco tempo, para evitar que resseque. Nas coxas e asas, a carne é mais escura; tem mais tecido conectivo e gordura. Os músculos das coxas são feitos de fibras musculares adaptadas para o uso contínuo e regular. A proteína usa oxigênio para relaxar e contrair; por isso, esse tecido é rico em capilares, o que dá essa cor e sabor intensos. A carne mais escura deve ser cozinhada em temperatura mais baixa, por um tempo mais longo, para permitir que os tecidos conectivos se quebrem. Naturalmente, a preferência entre a carne branca ou escura depende de cada um, mas, para cozinhar com perfeição, há algumas dicas importantes:

- o melhor é desjuntar o peru, cozinhando as carnes escuras e brancas separadamente;
- se for cozinhar o peru inteiro, deve-se colocar uma folha de alumínio no peito para retardar o cozimento, permitindo que a carne escura cozinhe por mais tempo; apenas é importante lembrar de tirar a folha de alumínio antes de terminar o cozimento completo;
- outra ideia é colocar um pacote de gelo no peito 30 minutos antes de cozinhar o peru; assim, o peito começa a cozinhar com uma diferença de temperatura e a carne escura acaba cozinhando mais devagar.

Mas isso não é tudo. A complexidade do processo é enorme, pois há muitos fatores que também podem afetar o cozimento. Do ponto de vista científico, é curioso notar também que há diversos autores que

propuseram diferentes soluções termodinâmicas para o problema, tentando encontrar alguma equação que descreva o processo (o que é bem complicado, pois não é um processo linear). Uma regra básica que encontrei foi a seguinte: calcule aproximadamente 40 minutos de forno médio (180°C) para cada quilo da ave (peru sem recheio). Contudo, naturalmente isso depende de muitos fatores e pode variar de maneira muito drástica, considerando a qualidade do forno, se há recheio e como o peru foi preparado antes do cozimento.

Um dos elementos essenciais é a umidade. O líquido evapora durante o cozimento por um processo chamado migração de umidade. Os produtores de aves geralmente injetam caldo e outros ingredientes antes da venda, para manter o máximo de umidade na carne. Esse caldo contém sal, que mantém a habilidade de segurar líquidos. Alguns perus são injetados com fosfato de sódio, para deslocar o pH da ave e empurrar os filamentos para longe uns dos outros e deixar mais espaço para os líquidos. Por outro lado, perus que não foram congelados serão mais úmidos. O congelamento quebra células e permite que líquidos escapem. Só que hoje é difícil comprar um peru que não tenha sido congelado. Para contrabalançar o congelamento, você pode injetar caldo no peru descongelado ou mergulhá-lo em salmoura por um par de dias na geladeira. Isso pode acrescentar um pouco de umidade e sabor ao peru. Mas também se corre o risco de exagerar. Muito sal pode danificar a textura, a umidade e o sabor.

Em resumo: todos os que se aventuraram na cozinha sabem da dificuldade de cozinhar um peru sem que ele fique seco demais. A melhor maneira de aprimorar uma receita é testando, errando, testando de novo... E fazendo isso quantas vezes for necessário para mudar as variáveis e ver qual funciona melhor. Esse processo é uma bela analogia com a ciência, feita de forma empírica todos os dias por milhões de cozinheiros no mundo todo, verdadeiros cientistas experimentais. Assim como em todas as receitas, há muita ciência por trás de um bom

cozinheiro.

O grande problema do peru é que, na maior parte das vezes, só pensamos nele uma vez por ano e não temos tempo de “experimentar” demais na cozinha. Como em qualquer receita, o melhor método é testar, provar e tentar de novo, caso algo não dê certo. Faça isso antes da ceia, para evitar mais um assunto na já provavelmente conturbada reunião familiar!



## *A complexidade de tirar um bom café*

Já notaram que, entre as bebidas que saboreamos com frequência, o café é uma das poucas que não vêm finalizadas para o consumo?<sup>1</sup> Por exemplo, vinho e cervejas artesanais são comprados prontos para beber. As únicas variáveis que podem afetar o sabor, no caso dessas bebidas, são a conservação e a temperatura em que são servidas. Já o café é diferente, pois o sabor varia consideravelmente dependendo da origem, torrefação, moagem e preparação final.

Assim como no dia a dia do laboratório de pesquisa, a produção de uma boa xícara de café depende de diversas variáveis, que precisam ser controladas para conseguir repetir o processo, caso o resultado seja positivo. Entre essas variáveis, estão a temperatura, as características físico-químicas da água usada, a distribuição de tamanhos do pó de café, a quantidade de água, o tempo e também, é claro, a qualidade do grão. Algumas pessoas gostam de um café mais forte, como um expresso, que contém entre 8% e 10% em massa de constituintes do café (92% a 90% de água). Outros preferem cafés mais fracos, com concentrações de 1,2% a 1,5%.

Para fazer um café com essas concentrações, há várias técnicas: coador (de pano ou de papel), café turco, café árabe, *aeropress*, prensa francesa,

*image  
not  
available*

and Physics”, de Christopher H. Hendon. Disponível em: <<https://theconversation.com/brewing-a-great-cup-of-coffee-depends-on-chemistry-and-physics-84473>>. Acesso em 5 fev. 2018.

- <sup>2</sup> A velocidade observada de uma reação química aumenta com a elevação da temperatura; essa elevação, no entanto, varia muito de reação para reação. A velocidade de reação  $k$  varia fortemente quando se altera a temperatura. A relação entre ambas foi descoberta em 1887 por Van't Hoff e, independentemente, em 1889, por Arrhenius. A relação, conhecida como equação de Arrhenius, é:

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

onde  $A$  é o fator de frequência;  $Ea$ , a energia de ativação;  $R$ , a constante de gases ideais;  $T$ , a temperatura absoluta. De acordo com a equação de Arrhenius, o valor da constante de velocidade  $k$  aumenta com a temperatura. Isso significa que um aumento da temperatura deve produzir um aumento da velocidade da reação e vice-versa.



## *Sopa fria, café quente*

Estava voltando para casa, no fim da tarde, quando uma repórter me ligou com uma curiosa pergunta:

— Por que quanto mais “denso” é o líquido, mais rapidamente ele esfria? Uma xícara de chá ou café demora mais para esfriar que a mesma quantidade de sopa cremosa, por exemplo.

Essa pergunta me pegou completamente desprevenido. Jamais esperaria ser indagado sobre algo tão insólito, assim... de supetão. A pergunta envolve alguns dos conceitos que levam à maior confusão quando aprendemos Física ou, mais particularmente, Termodinâmica.

Não há nada mais instigante para um cientista do que um bom desafio. Não conseguia pensar em outra coisa, a não ser sobre a transferência de calor e as leis da Termodinâmica. Voltei para casa e consultei alguns livros e páginas na internet. Considerando os três processos possíveis de perda de calor – a convecção, a radiação e a condução –, a densidade do líquido só poderia afetar o resfriamento deles se a diferença na viscosidade alterasse de alguma forma as correntes de convecção (quando existem diferenças de temperatura em um líquido, formam-se correntes, chamadas de convecção, que movimentam o fluido, uniformizando a temperatura em todo o volume) no interior da

sopa. Isso provocaria um resfriamento não uniforme e a superfície ficaria mais fria do que o interior da sopa. Mas a pergunta se referia, em princípio, a uma temperatura uniforme em todo o volume do líquido.

Ao pensar na pergunta, voltei-me à percepção de que há tantos fenômenos cotidianos que são curiosos e, que, no entanto, não percebemos. Esse é um de tantos exemplos incríveis que acontecem com a transmissão de energia térmica, tão comum em nosso dia a dia.

O próximo passo foi verificar se, realmente, a observação era verdadeira. Quem disse que isso ocorre mesmo? O fato é que sim, é verdade. Estudantes motivados por seus professores têm realizado o experimento em laboratórios e feiras de ciência: realmente a água (ou o chá, ou o café) demora mais para esfriar do que a sopa. E dá para testar isso com líquidos diferentes. O importante é proporcionar condições experimentais idênticas, ou seja, os recipientes usados devem ser iguais, mantidos na mesma temperatura ambiente e com a mesma temperatura inicial. Certamente, se mantivermos o mesmo líquido (a água, por exemplo) em um prato de sopa e em uma caneca, ele irá esfriar mais rapidamente no prato de sopa, que contém maior superfície exposta à temperatura ambiente.

Na realidade, o importante não é a densidade do líquido, mas a sua composição. O fator preponderante nesse caso é uma grandeza conhecida como calor específico, desde que consideremos que os dois líquidos tenham massas iguais e sejam mantidos em recipientes idênticos e sujeitos às mesmas condições de perda de energia. O calor específico relaciona a energia térmica transferida (ou calor) com a variação de temperatura de um dado material, sendo mais precisamente a quantidade de energia (em Joules, no Sistema Internacional) necessária para mudar a temperatura (de um grau Celsius) de um quilo do material. Graças às características únicas das ligações do hidrogênio, a água tem um calor específico muito alto, chegando a  $4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ . Quando o calor específico é elevado (como é o caso da água, do chá e do café), é

necessário extrair uma quantidade de energia maior para atingir uma mesma variação de temperatura do que no caso de algum sólido ou líquido com calor específico menor. No caso da sopa, que contém gorduras e sólidos em suspensão, o calor específico é bem menor do que o da água. Logo, em condições equivalentes, esfriará muito mais rapidamente do que o chá ou o café.

Há outros exemplos diários em que o mesmo fenômeno é comprovado: quem nunca queimou a boca com uma batata quente? Dada a grande quantidade de água na batata, ela demora mais para esfriar do que outros alimentos (ela é até utilizada para aquecer as mãos em países frios).

O interessante é que o oposto também é verdadeiro, ou seja, é mais rápido aquecer uma dada quantidade de sopa (fornecendo uma determinada quantidade de energia) do que aquecer a mesma massa de água, devido à diferença de calor específico desses líquidos. Outro ótimo exemplo é o leite integral, que ferve muito mais rapidamente do que a água.

Partindo de uma pergunta aparentemente boba do cotidiano, encontramos a explicação em uma propriedade física que não só elucida a questão inicial, mas que também é responsável por outros inúmeros fenômenos observados na natureza. Dá para imaginar que a brisa marítima também ocorre por causa da diferença de calor específico entre o mar e a terra?

*image  
not  
available*

tremedeiras) e com a contração dos capilares próximos à pele. As pessoas que vivem em locais muito frios podem se adaptar ao ajustar a sua dieta. Os esquimós, por exemplo, para manter um metabolismo basal mais elevado – ideal para combater o frio –, têm uma dieta mais rica em proteínas do que a maior parte das pessoas que vivem em latitudes mais baixas. Quando sentimos calor ou praticamos algum esporte, porém, suamos para aumentar a taxa de transferência de calor do corpo com o ambiente que nos cerca.

Existem basicamente três mecanismos de perda de calor: convecção, radiação e condução. A diferença de temperatura entre uma região e outra em um meio líquido ou gasoso cria fluxos que buscam homogeneizar a temperatura, o que é conhecido como convecção. Assim, a taxa com que perdemos calor depende da quantidade de pele exposta às correntes de ar e certamente aumenta quando estamos expostos a ventos fortes. Quanto mais frio for o ar, mais rápida é a perda de calor. Agora, se não há vento, ou se ele é muito fraco, o mecanismo dominante de perda de calor é a radiação térmica. De fato, qualquer objeto com uma temperatura acima do zero absoluto irradia calor; quanto mais quente estiver, mais ele irradia. Contudo, esse objeto também pode absorver calor do ambiente, em uma taxa que depende da temperatura do meio. Quanto maior a diferença entre o meio e o corpo, maior a taxa de radiação. Assim, ao sair em um dia frio, a diferença entre a temperatura do nosso corpo e a temperatura ambiente leva a um aumento da perda de calor por radiação. Além das perdas por convecção e radiação, podemos também perder calor por condução, como ocorre quando pisamos com o pé descalço em um piso frio.

Ao vestir uma roupa ou ao hibernar sob um aconchegante cobertor, diminuimos as correntes de ar próximas à pele e, assim, minimizamos as perdas de calor por convecção. Fora isso, os cobertores e os agasalhos para o frio possuem fibras que são intimamente dobradas e facilitam a formação de bolhas estacionárias de ar no seu interior. O ar que

*image  
not  
available*



## *Rumo ao ouro, com ciência e tecnologia*

Nada como as Olimpíadas para vangloriar o aprendizado da Cinemática e da Dinâmica nos temidos cursos de Física. Basta uma emocionante corrida de 100 metros rasos para, finalmente, podermos entender a utilidade do estudo do movimento retilíneo uniformemente acelerado. Ou, ainda, os incontáveis saltos nas modalidades ornamentais, ginástica olímpica e hipismo, por exemplo, para agradecermos por ter aprendido a decompor movimentos.

Nunca pensou nisso e está pensando agora? Sem problemas. De fato, o conhecimento profundo da Mecânica fundamental pode ajudar os ginastas no desenvolvimento de rotinas mais complexas na busca de uma nota dez. Modalidades como ginástica rítmica, ginástica artística, nado sincronizado e saltos ornamentais valem-se de saltos, giros e piruetas, com restrições impostas pelo momento angular. Modelos computacionais do movimento do corpo humano, baseados nas equações de movimento e conservação de momento angular, têm sido utilizados como auxiliares no treinamento. Essas simulações podem ajudar a identificar movimentos relativamente simples que levam a saltos mais complexos.

Apesar de todos conclamarem o lema que “o importante é competir”,