



Figura 1 – Assim como as impressões digitais dos seres humanos são únicas, o conjunto de manchas de uma girafa formam também um padrão único. Mas qual não foi a surpresa dos funcionários do zoológico do Tennessee quando nasceu essa girafinha totalmente desprovida de manchas. Fruto de uma mutação genética, ela nasceu saudável e é única no mundo.
Crédito: Brights Zoo/TMX Reuters

Caro leitor,

A newsletter “Ciência em Panorama” tem periodicidade (quase) mensal. Para você receber as próximas edições, se inscreva **mandando** um e-mail para

onody@ifsc.usp.br

colocando o seu nome e o seu e-mail.

Você encontra todas as edições do *Ciência em Panorama* [nesta página](#).

Comentários, críticas e sugestões serão sempre bem-vindos e podem ser enviados ao meu e-mail.

Prof. R. N. Onody

Boa Leitura!

Nesta Edição

- **Física**

Qual é a massa de cada um dos três neutrinos?

- **Tecnologia**

1. Rede sem fio Li-Fi
2. Pintura Plasmônica

- **Matemática Computacional**

1. O Teorema de 4 cores
2. O jogo de damas...

• Física

Qual é a massa de cada um dos três neutrinos?

Em 1930, para explicar o *decaimento beta de núcleos radioativos*, W. Pauli (utilizando argumentos de conservação de energia, momento linear e angular) propôs a existência de uma nova partícula fermiônica (spin $\frac{1}{2}$) e sem carga elétrica – o *neutrino*. No decaimento beta, um nêutron do núcleo decai em um próton, um elétron e um antineutrino. Sabemos hoje, que neutrinos também são produzidos no interior das estrelas (como do nosso Sol ou de estrelas de nêutron), durante uma supernova, nos aceleradores nucleares ou pelo impacto de raios cósmicos.

Na modelo padrão das partículas elementares, a família dos léptons é composta pelas partículas elementares: *elétron, múon e tau* e seus correspondentes neutrinos. Dizemos que os neutrinos existem em 3 *sabores*: neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau. Cada um deles tem massa muito pequena, mas, obrigatoriamente, diferentes, pois eles se transformam uns nos outros.

Na década de 1960, medidas do fluxo de neutrinos do elétron vindos do interior do Sol se mostraram incompatíveis com o modelo padrão. Descobriu-se, então, que a baixa contagem de neutrinos do elétron se devia à oscilação dos neutrinos que, no trajeto Sol -Terra (com velocidades próximas às da luz), os 3 tipos de neutrinos oscilavam entre si transformando-se uns nos outros! Os pesquisadores T. Kajita e A. McDonald fizeram a confirmação experimental desse fenômeno e receberam o Prêmio Nobel de Física de 2015 por esse trabalho.

E quais são as respectivas massas de cada um dos 3 neutrinos?

Ainda não sabemos. Na China, está em andamento a construção do detector de neutrinos JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory). Situado a 700 metros de profundidade, o observatório é um pool internacional envolvendo 76 instituições e 18 países. O detector custou 300 milhões de dólares (Figura 2).

Seu cintilador líquido, contido numa esfera de acrílico com 35 metros de diâmetro, será bombardeado por *neutrinos do elétron* gerados por 8 reatores nucleares distantes 54 quilômetros do observatório. Comparando o número de neutrinos do elétron que emanaram dos reatores com aquele detectados no JUNO, os cientistas poderão determinar quantos se transformaram em neutrinos do múon e do tau.

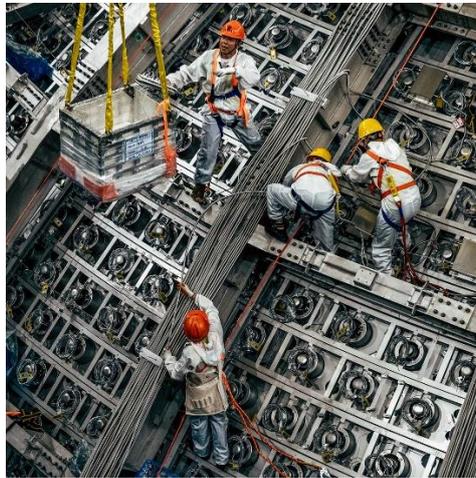


Figura 2 – Trabalhadores finalizam a esfera de acrílico com 35 m de diâmetro que será preenchida com 20.000 toneladas de cintilador líquido. Esse líquido fluoresce toda vez que um neutrino interage com um núcleo de seus átomos. Em torno da esfera, 43.000 fotomultiplicadores estarão a postos para detectar os flashes de luz. É o maior e o mais sensível sistema detector de neutrinos construído até agora.

Crédito: Qiu Xinsheng/VCG

Os experimentos no JUNO começarão no próximo ano. Paralelamente, mais dois gigantescos laboratórios para detecção de neutrinos estão em construção, um no Japão e outro nos EUA. Eles deverão ficar completamente operacionais em 2027 e 2030, respectivamente.

- **Tecnologia**

1. Rede sem fio Li-Fi

Diferentemente da nossa velha Wi-Fi (Wireless Fidelity) que utiliza ondas de rádio para se comunicar com nossos celulares, notebooks e tablets, o Li-Fi (Light Fidelity) utiliza ondas de luz visível emitida por lâmpadas LEDs especiais.

Tipicamente, um roteador Wi-Fi opera nas frequências de 2,4 e 5,0 Gigahertz. Já as LEDs utilizadas no Li-Fi operam nas frequências de 400 a 700

Terahertz, ou seja, cerca de cem mil vezes maiores. As LEDs acendem e apagam num tempo menor do que um microssegundo (imperceptível ao olho humano). Esse pisca-pisca é um sistema binário que permite a transmissão de dados.

O Li-Fi pode atingir velocidade de navegação e download de [224 Gbps](#), o que o torna bem mais rápido do que os cerca de 15 Gbps atingido pelo 5G. Por outro lado, o alcance do Li-Fi se restringe a um único cômodo, já que luz visível não atravessa paredes.

O Li-Fi funciona no escuro? Sim, segundo um dos [principais idealizadores](#) dessa tecnologia, o professor Harald Haas da Universidade de Edimburgo, é possível tornar a luminosidade dessas lâmpadas LEDs tão baixa que a presença de luz nem seria notada.



Figura 3 - O Li-Fi funciona sob a luz do Sol?

Sim, como o Sol emite luz visível de forma contínua e o Li-Fi de forma pulsada, é possível desenvolver filtros que distingam as duas fontes. Foi o que fez, com sucesso, a empresa PureLiFi.

No dia 12/07/2023, o Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), que é uma organização internacional que estabelece normas técnicas nas áreas de engenharia elétrica e informática, certificou o padrão [802.11bb](#) para comunicação entre dispositivos Li-Fi.

2. [Pintura plasmônica](#)

As tintas comerciais que utilizamos em nossas paredes adquirem suas cores através da adição de pigmentos. A *cor que vemos* é determinada pela frequência da luz branca que *não foi absorvida* pelas transições eletrônicas das moléculas que compõe esses pigmentos. Em outras palavras, vemos a cor

(frequência) do fóton refletido. Esses pigmentos são quimicamente instáveis e se degradam com o passar do tempo com a temperatura e com a exposição à luz (Figura 4A).

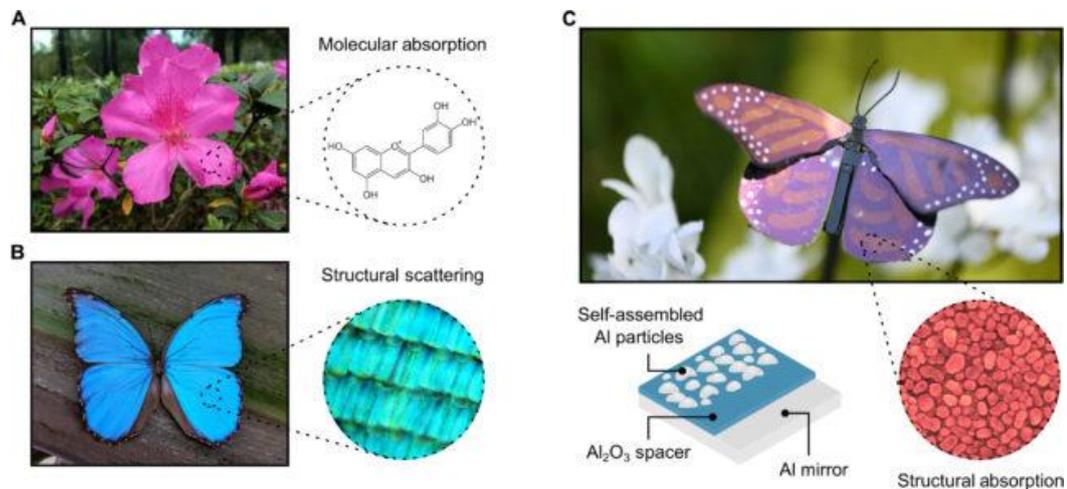


Figura 4 - A) Coloração por pigmentos: as moléculas da Azaleia absorvem todas as cores da luz visível *menos* a cor rosa que é refletida. B) Coloração estrutural: a borboleta Peruvian Morpho didius tem em suas asas uma nanoestrutura lamelar que espalha as componentes azuis da luz incidente. C) Coloração plasmônica: uma estrutura de cavidade ressonante que espalha luz em frequências pré-escolhidas. Basicamente, a estrutura é um sanduiche de nanopartículas de alumínio (arranjadas sobre um filme de óxido de alumínio) e um espelho de alumínio. A espessura do sanduiche é de meros 150 nanômetros (1 nanômetro = 1 milionésimo de milímetro).
Fonte: Chanda et al

Pesquisadores da Universidade da Flórida Central, construíram uma estrutura, batizada de *tinta plasmônica*, que permite escolher a cor (qualquer cor do espectro visível) que será refletida controlando apenas três parâmetros dessa estrutura.

Ao contrário do vidro, os metais podem exibir excitações coletivas de elétrons chamadas plasmons de superfície. Sobre um espelho de alumínio coloca-se um filme de trióxido de alumínio (Figura 4C). De maneira controlada, evaporam-se átomos de alumínio que se auto arrancam formando *nanoilhas de alumínio*.

Segundo os autores, a frequência (cor) refletida pode ser totalmente controlada através de apenas 3 parâmetros: tamanho e distribuição espacial das nanoilhas, índice de refração e espessura da estrutura (cavidade ressonante).

Os cientistas também mediram a temperatura da superfície logo abaixo da tinta plasmônica. Ela é cerca *13 a 16 graus Celsius menor* do que aquela

utilizando-se tintas comerciais comuns a base de pigmentos. A tinta plasmônica reflete todo o [espectro do infravermelho](#) e, portanto, absorve menos calor.

Outro fato interessante é que a estrutura proposta provou que ela consegue manter a cor (frequência) refletida *independentemente* do ângulo de incidência ou de eventual polarização da luz.

Por último, mas não menos importante, a densidade superficial da tinta plasmônica é muito baixa, cerca de 0,4 g/m². A tinta plasmônica é a mais leve tinta conhecida. Para cobrir um Boeing 747, 1,5 kg do produto seria suficiente. Para uma tinta comum, seriam necessários 500 kg!

• **Matemática Computacional**

Com o advento dos computadores, a Matemática ganhou um importante aliado que tanto pode derrubar falsas conjecturas matemáticas (basta encontrar um contraexemplo) como alçá-las ao nobre status de teoremas.

1. **O teorema das 4 cores**

Em 1852, o matemático Francis Guthrie fez a seguinte *conjectura*: “Para se colorir um mapa geográfico de modo que dois países fronteiriços jamais tenham a mesma cor, bastam apenas 4 cores!” (Figura 5).

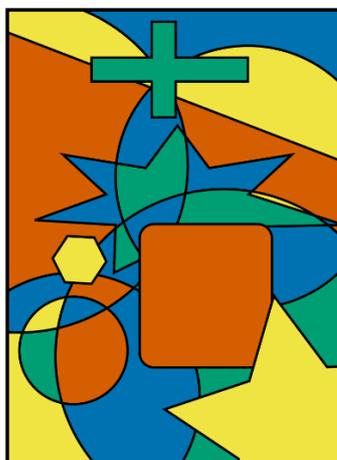


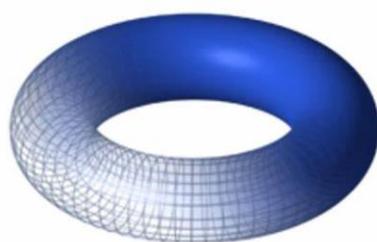
Figura 5 - Exemplo de um mapa de 4 cores. O enunciado proíbe que dois países adjacentes, isto é, separados por uma linha, sejam pintados da mesma cor. Países que dividem um mesmo vértice podem ter a mesma cor.

Crédito: Creative Commons

Para tentar demonstrar essa conjectura, os matemáticos recorreram à [Teoria dos Grafos](#). Um grafo é um conjunto de vértices (ou nós) e de arestas (linhas que conectam os vértices). Em 1736, o matemático Leonhard Euler utilizou esse formalismo para resolver o problema das [7 pontes de Königsberg](#).

Utilizando conceito de grafos e sub-grafos, [Alfred Bray Kempe](#) publicou em 1879, na revista Nature, uma demonstração da conjectura das 4 cores. Seu feito foi bastante aclamado e Kempe recebeu o título de Sir. Onze anos depois, [Percy Heawood](#) encontrou uma falha na demonstração. O teorema das 4 cores voltou a ser uma conjectura.

Em 1976, dois matemáticos da Universidade de Illinois, Kenneth Appel e Wolfgang Haken, depois de 1.200 horas executando milhares de configurações em computadores, provaram a conjectura das 4 cores. Eles apresentaram seu resultado em uma conferência na cidade de Toronto. A repercussão foi enorme – pela primeira vez o método matemático tradicional de demonstração de teoremas (baseado na lógica) foi substituído pela força bruta computacional (que exaure todas as configurações possíveis). Para detalhes completos da demonstração, [veja aqui](#).



(a)



(b)

Figura 6 – O número mínimo necessário para colorir mapas é 4 no plano, no cilindro e na esfera. (a) No toro é 7; (b) na fita de Möbius é 6.

2. O jogo de damas ...

...quando jogado por dois jogadores perfeitos, sempre terminará empatado!

Um jogador é chamado de *perfeito* se ele sempre escolhe o melhor movimento do início ao fim do jogo.

A demonstração (de que um jogo de damas termina sempre empatado) é *computacional* e requer que nenhum dos dois jogadores cometa um erro. Ela foi obtida em 2007 por [Jonathan Schaeffer e equipe](#), após *18 anos de trabalho*. No pico da pesquisa, 200 computadores rodavam 24 horas por dia. Um trabalho de programação muito delicado. Se apenas um único erro tivesse sido cometido há 10 anos atrás, todos os resultados posteriores estariam comprometidos.

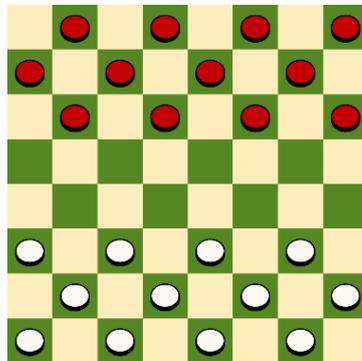


Figura 7 - O tabuleiro do jogo de damas. Em 1994, o programa de computador Chinook foi derrotado por 4 x 2 pelo então campeão mundial de damas Marion Tinsley. Tinsley, que faleceu em 1995 de câncer no pâncreas, foi um dos maiores jogadores de damas do mundo. Ele perdeu apenas 9 partidas em 45 anos de carreira profissional.

O jogo de damas é um jogo estratégico que se desenvolve sobre um tabuleiro (Figura 7) composto por 8 x 8 quadrados de cores alternadas. Cada jogador inicia a partida com 12 peças. É um jogo bastante popular que é praticado desde a idade média. Ele pode ser jogado em [dezenas de formas variantes](#).

A solução encontrada pelo grupo de J. Schaeffer envolveu mais de cem trilhões de cálculos. J. Schaeffer também escreveu um programa de computador para jogar damas – o [Chinook](#) que, em 1995, venceu o torneio mundial de damas Homem x Máquina.

