CIÊNCIA & TECNOLOGIA

QUIMICA

Contém Química!®

Preparado para você

Sr.(a): CURIOSO DE TAL

Química.....100%

Posologia: ler sempre que tiver curiosidade

Contém 217 páginas

Fab: mai/2019

Val: indefinidamente a partir da data de leitura

Dra. Janaina Souza-Garcia

Dra. Paula Homem-de-Mello



Contém Química!®

preparado pra você



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Dácio Roberto Matheus – Reitor Wagner Alves Carvalho – Vice-Reitor

Editora UFABC

Coordenação

Fernando Costa Mattos – Coordenador Gerardo Alberto Silva – Vice-Coordenador

Conselho Editorial

Ailton Paulo de Oliveira Júnior Bruno Guzzo da Silva Bruno Nadai Camilo Andrea Angelucci Carla Lopes Rodriguez Claudio Luis Camargo Penteado Daniele Ribeiro de Araujo Diogo Santana Martins Gabriel Almeida Antunes Rossini Gilberto Rodrigues Graciela de Souza Oliver

Leonardo Freire de Mello Luciana Xavier de Oliveira Luiz Fernando Grespan Setz Marcia Helena Alvim Margarethe Steinberger Elias Maria Isabel M. V. Delcolli Michela Bordignon Miguel Said Vieira Monica Benicia Mamian Lopez Renata Simões Sérgio Amadeu da Silveira Tiago Fernandes Carrijo

Equipe Técnica

Aline Macedo Cintia Leite Cleiton Klechen Marcelo Alecsander

Janaina Souza-Garcia Paula Homem-de-Mello (Organizadores)

Coleção

O que é ser cientista?

Contém Química!®

preparado pra você



Santo André - SP 2020 © Copyright by Editora Universidade Federal do ABC (EdUFABC) Todos os direitos reservados.

Revisão e Normatização do Texto

M&W Comunicação Integrada

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa

Hugo Barbosa Suffredini – idealização Paolo Malorgio Studio – execução

Elaboração e arte das figuras

Bárbara S. Rodrigues, Cassiano Minoru Aono, Felipe C. Torres Antonio, Gabriela D. da Silva, Ivanise Gaubeur, Janaina Souza-Garcia, João Manoel de Lima Júnior, Juliana S. Souza, Maria Kuznetsova, Márcia Guekezian, Mateus M. Zanotto de Toledo, Michele A. Salvador, Paula Homem-de-Mello, Ronei Miotto, Sibila A. A. Oliveira

Impressão

RB Digital

CATALOGAÇÃO NA FONTE

SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

C761 Contém químical® : preparado pra você / Organizado por Janaina Souza-Garcia e Paula Homem-de-Mello. — Santo André, SP : EdUFABC, 2020.

viii, 217 p.: il. — (O que é ser cientista?)

ISBN: 978-65-990173-2-2

1. Química. 2. Divulgação Científica. I. Souza-Garcia, Janaina, org. II. Homem-de-Mello, Paula, org. III. Série.

CDD 22 ed. - 540

Elaborado por Marciléia Aparecida de Paula CRB: 8/8530



Associação Brasileira das Editoras Universitárias



Agradecimentos

Agradecemos à Pró-Reitoria de Pós--graduação da Universidade Federal do ABC pela criação da coleção "O que é ser cientista?" e ao apoio da Editora da UFABC.

Em nome de todos do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia/Química da UFABC,¹ agradecemos a oportunidade de divulgar a área de Química e suas interfaces com as demais áreas do conhecimento e da tecnologia.

¹ Disponível em: http://propg.ufabc.edu.br/ppgquimica.



Sumário

- 1 Prefácio
- 5 Poluentes Orgânicos Persistentes: O POP que não poupa ninguém®
- 25 Até se esgotarem as baterias®
- **41** Produtos de limpeza caseiros funcionam?®
- 59 Se a água no copo não tem cor, por que a água da piscina é azul?®

- 81 Quem não tem colírio usa óculos escuros®
- 103 Uma luz (fria) na escuridão®
- 125 Aquecimento na velocidade da luz: como funciona um forno micro-ondas®
- 141 Um por todos... E todos contra o câncer!®
- 161 É preciso estar atento e forte: pseudociência pode ser a morte®
- 183 Física Quântica: a nova vítima da pseudociência®
- 205 Pequena notável: teia de aranha, material superpoderoso®



Prefácio

Quarto livro da série "Contém Química", volume que também tem a forma de caixa de medicamento, mas desta vez é um medicamento manipulado. Estamos bastante acostumados com os medicamentos industrializados, produzidos em larga escala. Já os medicamentos ditos 'manipulados' são aqueles produzidos em farmácias de manipulação (conhecidas também como magistrais), atendendo algum pedido especial do médico – seja porque é necessária uma dosagem diferente em relação ao que já está dis-

ponível no mercado, ou porque o paciente é alérgico a algum excipiente normalmente utilizado, ou ainda, porque é necessária uma outra forma de apresentação do medicamento, dentre outras razões. Ou seja, é uma forma de medicação mais personalizada.

Neste volume, procuramos mostrar como os cientistas *manipulam* a matéria e a energia, com o intuito de entender o universo e produzir tecnologia.

A manipulação dos elementos químicos e a produção de novas moléculas fez com que poluíssemos o ambiente em níveis não imaginados antes, no entanto, fez também com que fôssemos capazes de conhecer e combater esses novos poluentes. Começamos a pensar em como (re)utilizar melhor os produtos já disponíveis, sejam materiais plásticos, produtos de limpeza ou novas fontes de energia.

Por falar nisso, boa parte deste livro é dedicada a como *manipular* a energia – como

lidamos e tiramos proveito da energia na forma de luz colorida, ultravioleta ou na forma de micro-ondas. Mostramos também que não somos os únicos 'manipuladores' – animais manipulam brilhantemente a matéria e parecem até ter superpoderes: produzem materiais super-resistentes e até luz! E claro, estamos de olho neles para tentar copiá-los.

Como pensamos em energia e matéria, não poderíamos deixar de fora o mundo quântico e a manipulação desse conhecimento na forma de pseudociência – em como algumas pessoas têm tentado transformar a física quântica em pseudociência e lucro.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Janaina Souza-Garcia Paula Homem-de-Mello (organizadoras)



Poluentes Orgânicos Persistentes: O POP que não poupa ninguém^{® 1}

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas.....20
(conhecimentos sobre poluentes orgânicos persistentes)

Reações Adversas:

Despertar seus desejos de reduzir o consumo de plásticos, eletrônicos e afins. Pode

¹ Este texto é uma extensão do texto anteriormente publicado pelo nosso grupo em: http://proec. ufabc.edu.br/gec/o-que-que-a-ciencia-tem/opop-nao-poupa-ninguem/.

também direcionar sua atenção para as discussões sobre a utilização de pesticidas e as consequências para a sua saúde e para o meio ambiente.

Posologia:

Lembrar de utilizar três Rs (reduzir, reutilizar e reciclar) ao longo do dia todo, também repensando e recusando sempre que possível.²

Responsáveis Técnicos – Autores

Felipe C. Torres Antonio Michele A. Salvador Gabriela D. da Silva Paula Homem-de-Mello

² Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são indicados três Rs clássicos: reduzir, reutilizar e reciclar, ou seja, um R para cada seta do símbolo que, geralmente, associamos apenas à reciclagem. No entanto, existem listas com até 12 Rs no contexto de sustentabilidade!

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

De imediato, a primeira vontade que me toma ao ler este título é de cantarolar a música da banda Engenheiros do Hawaii com: "O pop não poupa ninguém, o Papa levou, um tiro à queima roupa... o pop não poupa ninguém". O POP, que nesta música se refere à abreviação do termo "popular", possui várias outras possíveis associações. Neste texto, trataremos de um dos aspectos menos agradáveis do POP.

O **POP** que trataremos aqui se refere a **P**oluentes **O**rgânicos **P**ersistentes. Esses poluentes são compostos que, em algum momento da história, foram produzidos sinteticamente por humanos para uso na indústria e agricultura, seja como óleos isolantes, pesticidas, fungicidas ou outros. Esses produtos são altamente resistentes à degradação, ou seja, não se decompõem facilmente. Quando começaram a ser sintetizados e amplamente utilizados, ninguém

tinha conhecimento da dimensão do estrago que poderiam causar.

O termo **resistente à degradação**, ou persistente, são comumente relacionados a compostos que têm longa **meia-vida**. Este conceito é utilizado em ciências para medir quanto tempo demora para a quantidade inicial ser reduzida à metade (por isso, meia-vida). Para termos uma noção, pesticidas como o Endrin podem ter 12 anos de meia-vida no solo. Mas como definir o que é meia-vida longa? Para isso, a Convenção de Estocolmo (da qual falaremos mais adiante) definiu que um contaminante é resistente à degradação se tiver meia-vida no ar superior a dois dias, em água maior que dois meses e em sedimento e solo acima de seis meses.

Existem pelo menos outras quatro características muito prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente que estes compostos possuem: destilação global, bioacumulação, biomagnificação e elevada toxicidade.

Destilação global é a principal responsável por estes compostos estarem presentes em praticamente todo o planeta Terra, inclusive em lugares onde os processos industriais nunca chegaram, como no fundo dos oceanos, nos picos de montanhas, no norte da Groenlândia ou na Antártida. Isso acontece porque os compostos que evaporam facilmente, conhecidos como voláteis e semivoláteis, vão ao estado gasoso nas regiões mais quentes em que são produzidos e, por conta das massas de ar que circulam no planeta, esses compostos são levados para outras regiões.

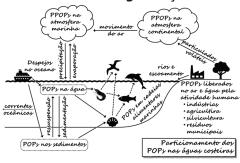
Ao chegarem nas regiões mais frias, esses POPs condensam (mudança de estado gasoso → líquido), sendo também arrastados por rios, ventos e correntes marítimas. Quanto mais volátil um produto é, mais fácil de se acumular em regiões cada vez mais frias e lá permanecer provocando seus malefícios. Esta talvez seja a característica que

mais preocupa: estar sujeito às consequências da exposição aos POPs, independe de ser um consumidor direto ou estar próximo de sua produção.

Na dinâmica do planeta, uma parte relativamente grande do POP mundial acaba indo para os oceanos e sedimentando, transformando assim o fundo dos oceanos em um grande reservatório de produtos que fazem mal à nossa saúde. Além disso, para piorar, a parte que não sedimenta é consumida pelos seres vivos oceânicos.

Após consumo, o ser vivo sofrerá os impactos da bioacumulação, propriedade que se relaciona com o fato dos organismos (incluindo nós, seres humanos) não serem capazes de eliminar os POPs ingeridos com o passar do tempo. Imagine então que enquanto estivermos expostos ao POP no meio ambiente, a tendência é que a concentração dele em cada organismo aumente durante toda a sua vida.

Lembra do conceito de teia alimentar? Nela existem os seres produtores, ou seja, que produzem o próprio alimento utilizando água, luz e nutrientes disponíveis, como as plantas. Já os que se alimentam deles são os consumidores primários; depois, os que se alimentam dos primários, são os secundários, e por aí em diante. Todos os organismos ocupam diferentes níveis da teia alimentar e, quando um ser vivo contendo POP serve de alimento a outro ser vivo, o POP se acumula progressivamente no consumidor. A esta propagação do dano na teia alimentar damos o nome de **biomagnificação**.



Assim, tendo algum ser vivo contaminado em uma teia alimentar, provavelmente, mais cedo ou mais tarde este vai acabar contaminando praticamente toda a teia. Afinal, mesmo os seres vivos que não têm nenhum predador, uma hora irão se decompor e servir de nutrientes para outros. Um exemplo de como esses poluentes podem ser levados por este processo foi a proibição de importação do bagaço de laranja do Brasil pela Alemanha. Os alemães identificaram a presença de dioxina, um dos POPs, no leite produzido pelas vacas que foram alimentadas com ração que continha o bagaço de laranja como um de seus ingredientes.

Quanto à elevada toxicidade, podemos destacar uma diversidade de consequências nos organismos vivos, que vão desde malformações de fetos, evolução de câncer, até danos permanentes nos sistemas nervoso e endócrino, em que os poluentes costumam atingir, principalmente, os hormônios sexuais.

Os hormônios têm um efeito regulador no organismo. Este efeito regulador se dá pela interação do hormônio com proteínas específicas, que chamamos de receptores. Os receptores que se ligam aos esteroides (como estrógeno, progesterona, glicocorticoide e mineralocorticoide - os hormônios sexuais) não apresentam grande seletividade, podendo se ligar a diversas outras substâncias que não são necessariamente esses hormônios, como os POPs, por exemplo.

Chamamos de interferentes endócrinos (IEs), esses compostos intrometidos, que, embora não sejam hormônios, se ligam a esses receptores devido a alguma semelhança estrutural. O sistema endócrino, que é constituído por um conjunto de glândulas localizadas em diferentes áreas do corpo e pelos hormônios que são sintetizados por elas, pode ser afetado por esses intrusos.

Os IEs podem ser absorvidos por via cutânea, nasal ou oral e passam a interferir no sistema endócrino, causando uma alteração nos mecanismos de autorregulação hormonal. Essa interferência afeta o sistema. reprodutor de diversas maneiras, por exemplo, afetando a qualidade do esperma, reduzindo a fertilidade, promovendo abortos espontâneos, malformações de fetos, anomalias do trato reprodutivo, endometriose, puberdade precoce, síndrome de ovários policísticos, redução da lactação, entre outros. Há ainda a possibilidade de certos POPs causarem danos a gerações futuras, processo conhecido como epigenética.

E de onde vêm os POPs? Essas substâncias são oriundas de diversos processos industriais:

> Plástico utilizado em embalagens de alimentos, brinquedos, utensílios domésticos, tubos e conexões;

- Óleos isolantes de equipamentos e componentes elétricos, principalmente em transformadores e capacitores;
- Retardadores de chamas e outros materiais de combate a incêndios;
- Produtos utilizados na revelação de fotos;
- Agentes branqueadores utilizados nas indústrias têxteis e de produção de papel;
- Subproduto de diferentes processos industriais;
- Alguns solventes;
- Grande número de herbicidas, inseticidas e fungicidas;
- Produtos derivados da incineração de lixo doméstico, industrial e hospitalar;
- Diversos processos industriais, principalmente os que empregam cloro e derivados do petróleo.

Um dos casos de maior repercussão mundial desses produtos na indústria química ocorreu em 1976, na Rhodia (subsidiária da multinacional *Rhône-Poulenc*) de Cubatão. Estima-se que 12 mil toneladas de resíduos químicos persistentes foram despejadas na Baixada Santista, contaminando o ecossistema local e afetando a saúde dos operários. As pessoas apresentaram erupções dolorosas na pele, disfunções de fígado, alterações do sistema nervoso e aumento considerável da incidência de câncer.

Além da contaminação durante a produção de compostos químicos, o lixo gerado durante esses processos também foi responsável pela poluição do solo, do ar e da água da Baixada Santista. A cidade de Cubatão chegou a ser considerada pela ONU, nesta época, como a mais poluída do mundo!

Com o intuito de evitar que outros crimes ambientais como este ocorram, a con-

venção de Estocolmo, adotada em 2001, listava 12 POPs cuja produção, importação, exportação, uso e destinação final deveriam ser controlados. Essa lista inicial foi ampliada para 22 substâncias no decorrer dos anos e a última atualização foi feita em 2017.3

A partir dessa convenção, os POPs são divididos em três categorias, segundo o tratamento específico que devem receber:

- Na primeira estão listados os POPs que devem ser eliminados: agrotóxicos, como o Hexaclorobenzeno (HCB) e o Endossulfam, e químicos de uso industrial, como as Parafinas Cloradas de Cadeia Curta (SCCP);
- Na segunda categoria são listados os POPs com uso restrito, mas com a perspectiva de serem eliminados,

³ Veja aqui a lista: http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs.

- como o agrotóxico DDT e químicos como o Ácido Perfluoroctano Sulfônico (PFOS);
- Já a terceira categoria cita os POPs que são produzidos não intencionalmente, derivados dos processos de incineração, siderurgia e combustão da madeira.

Lembra do Raul Seixas e da mosca na sopa? Que "Nem o DDT pode assim me exterminar..."? Então, o DDT (diclorodifeniltricloroetano) é um pesticida sólido em temperaturas entre zero a 40°C, insolúvel em água, mas solúvel em compostos orgânicos como a gordura e o óleo. Seu uso se intensificou depois da Segunda Guerra Mundial, principalmente por ser barato e altamente eficiente a curto prazo. No entanto, estudos demonstraram que sua utilização a longo prazo poderia causar danos sérios à saúde humana e de outros

animais. Apesar de banido pela convenção de Estocolmo, no Brasil seu uso só foi proibido anos depois, em 2009.

$$a$$
 a
 a
 a
 a

Diclorodifeniltricloroetano (DDT)

Uma intervenção ambiental, fruto de muita pesquisa científica na área e que poderá ser utilizada para degradar esses compostos, converte os POPs em substâncias simples que não afetam tão drasticamente nossa saúde e nem o meio ambiente. Esse método é conhecido como Processos Oxidativos Avançados (POAs) e consiste em

oxidar espécies orgânicas até a sua completa mineralização (ou seja, obtendo dióxido de carbono e água, como produtos do processo). Um dos POAs bastante promissores na mineralização de POPs é a fotocatálise heterogênea.

Nesse método, o efluente contendo o POP é irradiado com luz na região do ultravioleta na presença de um semicondutor (geralmente, dióxido de titânio), que após absorver a energia luminosa, tem elétrons da sua banda de valência movidos para a banda de condução. Quando isso ocorre, é criada uma lacuna onde antes estava o elétron, essa lacuna terá um potencial positivo (2,0 a 3,5 V). Este potencial é suficiente para gerar radicais hidroxilas (•OH) a partir das moléculas de água; esses radicais são os responsáveis pela degradação do contaminante. No entanto, esse método ainda não é amplamente utilizado devido ao seu alto custo e baixa eficiência.

Embora seja uma alternativa muito promissora, diversas pesquisas e melhorias precisam ser realizadas para a utilização de POAs se tornar viável em escala industrial e, claro, o material precisará ter a destinação adequada para poder receber o tratamento.

Como vimos, o POP é produzido pelos seres humanos e, a partir daí, se espalha, é absorvido e intoxica diversas formas de vida no planeta, afetando negativamente a saúde de muitas gerações. Não é porque existem hoje 22 compostos proibidos ou limitados mundialmente, que este número não possa aumentar; muito pelo contrário, estudos sugerem que este número será superado em breve.

Assim, algumas questões que nunca podem nos fugir da mente são justamente: Que tipo de desenvolvimento queremos? Qual o preço que desejamos pagar pelo desenvolvimento? Qual o risco que corremos com isso? Quais os interesses que estão por trás das opções de projetos de desenvolvimento? Nós temos o direito de tomar esta decisão em nome do resto do planeta inteiro?

Aparentemente, o que podemos fazer individualmente é muito pouco. Passa basicamente por atentar para que o nosso consumo seja consciente, sem excessos, sem desperdícios, dando destinação adequada após o fim de cada uso, de cada uma das coisas que consumimos. Mas se nos conscientizarmos e propagarmos a ideia, podemos fazer a diferença. Em boa parte da nossa vida, nós poluímos de forma inconsciente, produzimos mais lixo do que deveríamos, temos uma pegada, um rastro, que deixamos no planeta, mas podemos trabalhar para diminuí-lo. Temos muito trabalho! E podemos fazê-lo juntos, que tal?

PARA SABER MAIS

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poluentes Orgânicos Persistentes** (*POPs*). Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/poluentes-organicos-persistentes-pops/. Acesso em: 19 abr. 2019.

FONTENELE, E. G. P.; MARTINS, M. R. A.; QUIDUTE, A. R. P.; JÚNIOR, R. M. M. Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, n. 1, p. 6, 2010.

GHISELLI, G.; JARDIM, W. F. Interferentes endócrinos no ambiente. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 695, 2007.

MONTONE, R. C. **Poluentes Orgânicos Persistentes**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.io.usp.br/index.php/ oceanos/ textos/antartida/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/812-poluentes-organicos-persistentes Acesso em: 24 abr. 2019.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. Fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química Nova**, v. 21, n. 1, 69A, 1998.

SECRETARIADO da Convenção de Estocolmo. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Os Nove Novos POPs**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/ images/arquivo/80104/Convencao%20de%20Estocolmo/cartilha_novos.pdf. Acesso em: 23 abr. 2019.

UNITED States Environmental Protection Agency. **Persistent Organic Pollutants**: a global issue, a global response. Disponível em: https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response. Acesso em: 27 abr. 2019.





Até se esgotarem as baterias®

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas......15
(conhecimentos sobre eletroquímica e armazenamento de energia)

Reações Adversas:

Aumentar o seu interesse por carros elétricos.

Responsáveis Técnicos – Autores

Keyla Teixeira Santos Camilo Andrea Angelucci Janaina Souza-Garcia

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Você já se perguntou de onde vem a energia dos combustíveis? Combustíveis como gasolina, etanol, biodiesel e hidrogênio são moléculas que têm energia química armazenada em sua estrutura. A quebra de suas ligações químicas durante a reação de combustão é o que gera energia térmica (calor) e gases, dentre outros possíveis produtos. Nos veículos, a energia térmica é transformada em energia mecânica pelo aumento do volume do gás dentro da câmara do motor e consequente movimentação dos pistões de um motor a combustão.

Os combustíveis possuem diferentes densidades energéticas, ou seja, o quanto conseguimos obter de energia por grama ou litro de combustível varia dependendo do tipo de combustível. Uma analogia para isso é compreender que 100 gramas de sorvete têm mais calorias do que 100 gramas de pepino, assim como um tanque de óleo

diesel tem cerca de 2 vezes mais energia do que um tanque de mesmo volume de etanol. Por isso, caminhões são movidos a diesel, pois precisam percorrer longas distâncias com cargas pesadas. Carros convencionais, por percorrerem distâncias menores e transportarem cargas mais leves, podem utilizar combustíveis com menor densidade energética, mas que a entreguem mais rapidamente, como no caso do etanol.

Os tanques de combustível ainda são a melhor alternativa para transportar e armazenar energia por grandes distâncias sem muito peso. Porém, o petróleo é um recurso finito e a sua queima libera uma grande quantidade de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, um dos vilões do efeito estufa. Por outro lado, temos o etanol¹ que provém

O etanol como combustível é obtido em nosso país a partir da extração do açúcar da cana-de-açúcar, fermentação e posterior destilação.

da cultura da cana-de-açúcar. Esse tipo de combustível tem a vantagem de ser produzido a partir de plantas, que durante seu crescimento consomem CO₂ da atmosfera no processo de fotossíntese. Isso faz com que o etanol seja um combustível mais sustentável que o diesel, por exemplo. No entanto, embora pareça ser uma solução ambientalmente perfeita, já que o CO₂ liberado na queima é reaproveitado no crescimento das plantas, seu uso em larga escala demanda grandes quantidades de água e espaço para plantação, o que limita sua implementação no âmbito mundial.

Faz-se necessário então utilizar a energia de forma mais eficiente e buscar fontes alternativas de energia, como a solar, captada por células solares que fazem a transformação da energia luminosa do sol em energia térmica e ou elétrica (como foi abordado no *Contém Química: venda controlada - apenas para curiosos)*, ou a energia

eólica, que transforma a energia mecânica produzida pela movimentação das pás de um moinho de vento, em energia elétrica.

Mas, como essa energia pode ser utilizada, por exemplo, em automóveis, eletroportáteis e *smartphones*? A resposta é: armazenando a energia em BATERIAS!

As baterias são tão antigas quanto a eletricidade. A bateria mais antiga é provavelmente a "Pilha de Volta", que foi desenvolvida pelo físico italiano Alessandro Volta, em 1799, e era, literalmente, uma pilha de discos alternados de zinco e cobre, separados por tecidos embebidos em ácido sulfúrico. As reações de oxirredução entre os metais produzem um fluxo de corrente elétrica, o que ajudou os cientistas da época a entenderem o conceito de eletricidade. Em 1836, o inglês John Frederic Daniell aprimorou os estudos de Volta e criou a pilha de Daniell, constituída por duas semicélulas eletroquímicas: a primeira, chamada de ânodo, era formada por uma placa de zinco mergulhada em uma solução de sulfato de zinco (ZnSO₄), e a outra, o cátodo, possuía uma placa de cobre mergulhada em uma solução de sulfato de cobre II (CuSO₄). Essas duas placas eram interligadas por um fio condutor.

Além disso, as duas soluções estavam conectadas por um tubo que continha uma solução eletrolítica, chamada de ponte salina. O zinco é mais reativo que o cobre, por isso tem maior tendência a se oxidar, ou seja, perder elétrons. Esses elétrons são transferidos pelo fio condutor até a placa de cobre, onde acontece a redução dos íons de cobre que estão em solução. As reações envolvidas nessa pilha são as seguintes:

Semirreação no ânodo:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$$
 (reação de oxidação)

Semirreação no cátodo:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$$
 (reação de redução)

Reação global:

$$Zh_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zh^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

O fluxo desses elétrons do ânodo para o cátodo gera corrente elétrica.

A energia produzida pelas reações de oxidação e redução em baterias possibilitou o desenvolvimento de dispositivos móveis, como telefones portáteis (celulares), furadeiras e aspiradores portáteis, drones, bicicletas e patins elétricos, fones de ouvido e, os já citados no volume anterior dessa coleção (Contém Química: a leitura deste livro pode causar dependência), carros movidos a células a combustível.

Uma célula a combustível nada mais é do que uma pilha onde há a oxidação no ânodo de um combustível, como o hidrogênio, e a redução de oxigênio no cátodo. A energia produzida por essas reações traciona as rodas, o que movimenta o veículo. A dificuldade para a implementação dessa tecnologia está na produção, armazenamento e transporte do hidrogênio.

Como o hidrogênio tem menor densidade no estado gasoso, é necessário um sistema de armazenamento de grande volume e pressão e, no estado líquido, seu armazenamento necessita de sistemas criogênicos, ou seja, temperaturas muito baixas (em torno de –200°C). Além disso, o hidrogênio é altamente inflamável, o que aumenta a periculosidade do seu transporte. Apesar disso, as células a combustível são alternativas promissoras para diminuir o uso de fontes não renováveis de energia e diversos pesquisadores no mundo todo dedicam esforços na otimização do seu funcionamento.

E qual a diferença entre pilhas e baterias? Simples: as baterias são formadas por várias pilhas ligadas em série ou em paralelo. Atualmente, as baterias são um pouco mais complexas do que a proposta por Daniell, podendo ter, ao invés de dois metais no cátodo e ânodo, outros diversos materiais, como, por exemplo, óxidos de metais, grafite ou a mistura de soluções ou íons, como no caso das bateria modernas de íon lítio,² que podem ser recarregadas e são utilizadas em computadores, celulares e nos atuais carros elétricos.

A ideia de utilizar baterias para mover carros com eletricidade é bem antiga. Aliás, essa ideia é mais antiga do que os carros com motores de combustão interna. Em 1899, o primeiro veículo terrestre a passar de 100 km/h foi o carro belga chamado *La Jamais Contente* (nome que signi-

² John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham e Akira Yoshino receberam o prêmio Nobel de Química de 2019 pela criação das baterias de íons de lítio.

fica "O Nunca Satisfeito") que era um carro elétrico. Apesar disso, os veículos elétricos eram muito pesados, caros e não percorriam longas distâncias por necessitarem ser frequentemente recarregados. Os elevados custos para o desenvolvimento de tecnologias que aprimorassem as baterias da época fizeram os carros elétricos perderem a corrida para os carros com motor à combustão.

Os carros elétricos só voltaram às pistas depois do ano 2000, com o advento das baterias de íon lítio, que ainda são bem caras e quase dobram o preço de um carro elétrico em comparação a um tradicional à combustão. Contudo, espera-se que em pouco tempo essas baterias cheguem a preços mais competitivos. A previsão é de que em 2025 os carros elétricos possam ainda custar mais do que os de combustão interna, mas que a diferença seja paga com o custo do abastecimento, já que o custo de abastecimento corresponde a cerca de um terço do valor

do custo do combustível utilizado por veículos com motores de combustão interna. Além disso, tendem a ter menos manutenção e são mais simples de produzir.

Em 1996, a GM° lançou o EV1, um carro elétrico que dependia de baterias de chumbo e só tinha energia para rodar 150 km por recarga. Com baterias de lítio, a Tesla°, em 2011, conseguiu passar de 300 km de autonomia.

Mas, a pergunta que não quer calar: Como funcionam essas baterias?

Cada bateria é feita por milhares de pilhas, chamadas de "células". Cada célula é composta por duas superfícies condutoras (em um lado alumínio e, no outro, cobre), além do cátodo e do ânodo, como em todas as baterias. Na bateria de íon lítio, o cátodo (ou o polo positivo) é feito de um óxido de lítio, um metal de alta reatividade, o que torna a entrega da energia produzida pela bateria muito mais rápida. O ânodo (ou polo negativo) é localizado do outro lado da célula e

é feito de grafite, um alótropo do carbono que possui propriedades condutoras e sua estrutura lamelar permite a acomodação dos íons lítio durante o processo de descarga da bateria. A célula ainda possui um separador, normalmente uma membrana polimérica, permeável e seletiva aos íons lítio e um eletrólito, por onde os íons são transportados.

Durante a carga, há o fornecimento de energia externa para que os íons migrem do cátodo (óxido de lítio) para o ânodo (grafite), onde ficam adsorvidos. Essa reação não é espontânea, por isso a necessidade do fornecimento de energia, e é chamada de eletrólise. Durante o uso da bateria, ou descarga, o lítio adsorvido no ânodo sofre oxidação e os elétrons provenientes dessa reação percorrem o material condutor até o cátodo, para onde os íons são atraídos. O motor converte a energia elétrica proveniente dessa transformação química em energia mecânica, movimentando o carro.

A quantidade de energia e a durabilidade da bateria dependem da pureza e qualidade dos materiais utilizados.

As baterias de íon lítio possuem cerca de 5 vezes mais densidade energética do que as de chumbo-ácida, criadas em 1859. Além disso, permitem mais ciclos de carga e descarga, o que aumenta sua vida útil. A entrega dessa energia também acontece de forma muito rápida, devido à alta reatividade do lítio. O "Model S" da Tesla" é um carro elétrico de modelo Sedã que chega de 0 a 100 km/h em apenas 2,4 segundos, mesmo pesando mais de 2 toneladas. Enquanto isso, um veículo da mesma categoria com motor de combustão interna chega a essa velocidade em 10,5 s e pesa cerca de 1 tonelada.

No quesito ambiental, os carros elétricos possuem emissão zero de gases no seu funcionamento. A poluição sonora também é consideravelmente diminuída, devido à ausência de várias peças no mo-

tor, inexistência do ruído da combustão e, principalmente, pela ausência de um sistema de escape (o escapamento), uma das principais fontes de ruído em um automóvel com motor à combustão.

Apesar de ter ganho a corrida da eficiência, apresentar inúmeras vantagens ambientais, econômicas e tecnológicas, os carros elétricos ainda perdem em autonomia e tempo de recarga que, dependendo da fonte elétrica, pode chegar a 5 horas para uma carga completa.

Todos os anos, inúmeros grupos de pesquisa espalhados pelo mundo anunciam otimizações na composição, formato e montagem das baterias recarregáveis. Com essa perspectiva, países como a Irlanda, Índia e Israel vão parar a venda de carros a gasolina e diesel a partir de 2030 e várias cidades banirão a circulação deles a partir de 2025. O que significa um grande avanço na diminuição da emissão de poluentes pelo mundo todo.

PARA SABER MAIS

FIGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 38, 2004.

FILHO, O. S.; FOROSTECKI, L. Os químicos ocultos e sua extraordinária jornada ao mundo dos átomos. **Química Nova**, v. 37, p. 186, 2014.

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS – Univesp TV. **Partículas elementares**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s. Acesso em: 15 abr. 2016.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, v. 16, p. 21, 2002.

VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. O. Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, v. 26, p. 29, 2007.





Produtos de limpeza caseiros funcionam?°

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas.....17
(conhecimentos sobre produtos de limpeza alternativos)

Indicações:

Curiosos e preocupados com a limpeza do dia a dia. Também indicado para aqueles que guerem economizar dinheiro.

Contraindicações:

Capítulo contraindicado para aqueles que acham que aquela roupa manchada não tem mais jeito.

Posologia:

Utilizar sempre que quiser tirar aquela manchinha, aquele risco e aquele odor desagradável.

Responsáveis Técnicos – Autores

João Manoel de Lima Júnior Márcia Guekezian Ivanise Gaubeur

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Os produtos de limpeza industriais, em geral, são uma fonte de poluição ambiental, principalmente de águas, não só pelas substâncias presentes em sua composição, mas pela combinação de produtos que ocasionam várias reações químicas. Tal combinação pode levar sérios riscos ao profissional da limpeza e impactar negativamente, e de forma mais agressiva, a qualidade das águas.

Essa problemática surgiu muito antes do uso de produtos sintéticos, pois o sabão, um tensoativo natural, é utilizado desde 79 a.C. e, ainda hoje, encontra-se em produção artesanal, ou seja, combinando gordura de origem animal ou óleos vegetais à soda cáustica (hidróxido de sódio). Tal reação química é conhecida como **saponificação**:

Sabão produzido artesanalmente geralmente torna a água muito alcalina devido ao excesso de soda cáustica utilizado. Com o avanço da tecnologia e da indústria, passou-se a ter alguns compostos a base de fosfatos nos produtos de limpeza (sabões e detergentes). Os fosfatos "capturam" o cálcio e magnésio presentes na água favorecendo a ação de limpeza de sabões e detergentes, mas com isto há um aumento na quantidade de espumas nas águas de despejos.

Atualmente, os níveis de fosfatos são controlados por legislações. Mesmo assim, observa-se o acúmulo dessas substâncias em lagos, rios e águas de maneira geral, diminuindo a quantidade de oxigênio disponível no sistema devido à formação de uma espuma de coloração branca que impede a penetração da radiação solar, reduzindo a taxa fotossintética aquática e a solubilidade do oxigênio no meio, impedindo a sobrevivência dos seres aquáticos.

Tais espumas podem, ainda, carregar diferentes tipos de poluentes por longas distâncias. O fosfato, também, serve como nutriente para vegetação aquática superficial, favorecendo sua proliferação de maneira excessiva, fenômeno conhecido como eutrofização. Alguns produtos de limpeza considerados biodegradáveis recebem essa classificação devido à baixa concentração utilizada de aditivos em sua composição, mas, em sua grande maioria, estes aditivos são compostos derivados do petróleo que são tóxicos para a vida aquática.

Os aditivos mais utilizados são aqueles que aumentam a vida útil do produto, que geralmente são antioxidantes, naturais ou sintéticos, que impedem a proliferação de microrganismos. Os aditivos sintéticos, por terem um baixo custo, são os mais utilizados.

Outro componente presente em produtos de limpeza é o cloro. Atuando principalmente na desinfecção, esta subs-

tância pode levar à formação de cloroaminas, compostos químicos cancerígenos e acumulativos, podendo chegar ao ser humano pela cadeia alimentar, por exemplo, causando intoxicação pela ingestão de frutos do mar.

Quando o cloro é adicionado à água pura ocorre a seguinte reação:

$$\mathcal{C}l_{2\,(g)}^{} + H_{2}^{}O_{(l)}^{} \rightarrow HOCl_{(aq)}^{} + H^{+}_{\;\;(aq)}^{} + \mathcal{C}l^{-}_{\;\;(aq)}^{}$$

Combinando-se posteriormente com íons amônio presentes na água, formando monocloroamina, dicloroamina e tricloroamina:

$$\begin{aligned} NH_{4}^{+}_{(aq)} + HOCl_{(aq)} \rightarrow \\ NH_{2}Cl_{(aq)} + H_{2}O_{(l)} + H_{(aq)}^{+} \end{aligned}$$

$$NH_{2}Cl_{(aq)} + HOCl_{(aq)} \rightarrow NHCl_{2(aq)} + H_{2}O_{(l)}$$

$$\mathsf{NHCl}_{\mathsf{2}(\mathit{aq})} + \; \mathsf{HOCl}_{\mathsf{(aq)}} \to \; \mathsf{NCl}_{\mathsf{3}(\mathit{aq})} + \; \mathsf{H}_{\mathsf{2}}O_{(\mathsf{l})}$$

Outros compostos formados também pela presença de cloro em água são os trialometanos (THM, sigla que deriva do inglês *trihalomethanes*), que se originam das reações entre o cloro e as substâncias orgânicas, os ácidos húmicos e fúlvicos, presentes na água e provenientes da decomposição de folhas da vegetação. A maioria destes ácidos contém grupos derivados de cetonas, que podem formar haloformóis, após a reação com cloro. O triclorometano (TCM), bromodiclorometano (BDCM), dibromoclorometano (DBCM) e tribromometano (TBM) são os principais compostos oriundos destas reações:

$$R - C + 3 HOCI \implies R - C + 3 H2O$$

$$CH_3 \qquad CI \qquad CI$$

$$R - C + HO^{-} \longrightarrow R - C + CI - HC$$

$$CI \qquad CI \qquad (clorofórmio)$$

Os trialometanos são, basicamente:

O cloro é ainda adicionado em alguns produtos de branqueamento denominados branqueadores ópticos, que são corantes brancos, ou ainda, branqueadores fluorescentes, que promovem reflexão luminosa por fluorescência.

Ressalta-se que a poluição dos rios, lagos, oceanos e das águas de uma ma-

neira geral não ocorre apenas pelo despejo de uma substância, mas pela reação química que ocorre devido à ação conjunta das substâncias presentes em diversos produtos de limpeza, tais como: detergentes, sabões em pó, amaciantes, desinfetantes, água sanitária, entre outros. Essas combinações aumentam os impactos na qualidade da água e afetam diretamente o meio ambiente.

Como limpar sem poluir? Será que existem alternativas a esses produtos de limpeza? Desde os tempos antigos ouvimos falar das famosas receitas caseiras, mas elas funcionam?

Alguns materiais disponíveis em muitas residências podem ser utilizados para preparar produtos de limpeza alternativos ou caseiros, auxiliando na remoção de sujeiras, manchas e odores. Dois materiais importantes no processo de limpeza são o vinagre e o bicarbonato de sódio (NaHCO₃).

O vinagre é uma solução de ácido acético comercial, que apresenta em sua composição aproximadamente 4% de ácido acético (CH₃COOH) e pode ser utilizado para desinfetar, remover manchas, e eliminar gorduras, ferrugens e maus odores, além de ter diversas outras aplicações. Dependendo do tipo de limpeza desejada, o vinagre pode ser utilizado de forma diluída, para limpeza mais leve, ou de forma pura para aplicação em limpeza mais pesada. Devido à volatilidade do ácido acético, o odor característico do vinagre desaparece depois de seco na superfície do material ou local aplicado.

Outro aliado no processo de limpeza é o bicarbonato de sódio, que é um sal com diversas aplicações cotidianas, laboratoriais e industriais. Está à venda em mercados e é muito indicado para uso em alimentos, pois é utilizado em processos de fermentação química, por liberar durante o cozimento o

gás carbônico (CO₂). Devido ao seu poder abrasivo o bicarbonato de sódio pode ser usado, também, em cremes dentais e em lavanderias como clareador.

O bicarbonato de sódio em pó possui a capacidade de "capturar" odores do ambiente. Por esta razão, é útil colocá-lo em um recipiente dentro da geladeira ou na sapateira. Na higiene pessoal, o bicarbonato é um excelente desodorante em pó devido à sua capacidade de neutralizar a acidez e combater maus odores causados pela presença do suor e bactérias. A natureza básica das soluções de bicarbonato de sódio em água faz com que ele seja útil não apenas para combater o mau odor provocado pela acidez, mas também, provocado por bolores e fungos que proliferam em ambiente ácido

O bicarbonato de sódio em pó tem a capacidade de ajustar o valor do **pH** da superfície sobre a qual ele é utilizado. Potencializa a ação de detergentes, é útil para limpar garrafas, louças e, também, objetos enferrujados. Vinagre e bicarbonato de sódio isoladamente têm várias ações e funções para limpeza, mas a combinação deles potencializa a limpeza.

A indústria dos produtos de limpeza sintéticos evoluiu nos últimos anos e surgiram produtos considerados biodegradáveis, ou seja, que têm como principal objetivo limpar sem poluir. No entanto, a mistura desses produtos de limpeza tem contribuído ao longo dos anos para a poluição da água. Produtos de limpeza caseiros não são a solução para todo o tipo de sujeira, mas auxiliam na limpeza, inclusive ao serem misturados a produtos industriais, como o sabão em pó por exemplo. O uso de produtos alternativos permite uma boa economia de dinheiro, afinal, vinagre e bicarbonato de sódio são de baixo custo.

Curiosidades e receitinhas

Chegou a parte mais esperada do nosso capítulo! Vamos às receitinhas infalíveis de produtos de limpeza caseiros.

Uma criança riscou a parede ou a roupa com lápis e canetas? Não se desespere, o vinagre consegue remover os riscos. Para isso, nossa sugestão é preparar uma solução de vinagre com água morna em partes iguais (uma parte de água morna e uma parte de vinagre).

Para a eliminação de odores em armários sugerimos utilizar um recipiente com vinagre puro e deixar aberto no ambiente. Para a remoção de ferrugens pode-se borrifar o vinagre puro no local, deixar agir por um tempo e depois limpar com água morna.

Para limpeza branda, o vinagre pode ser substituído por suco de limão, que também é ácido por conter em média 7% de ácido cítrico (um ácido carboxílico de fórmula $C_6H_8O_7$).

Sabe aquela janela e espelho embaçado? Ficam limpinhos ao aplicar uma solução preparada com três colheres de vinagre diluídas em cinco litros de água morna.

Já o bicarbonato de sódio em pó e suas soluções podem ser utilizados para diversos tipos de limpeza. Manchas indesejadas em roupa podem ser limpas colocando um pouco do bicarbonato de sódio em pó diretamente na mancha de sujeira em roupa; caso necessite coloque um pouco de água morna e aguarde por um determinado tempo, depois pode lavar com sabão em pó ou sabão líquido.

Não gosta do odor do amaciante, tem alergia ao perfume, mas ama a maciez? Basta colocar um pouco do bicarbonato de sódio na roupa, esse atua como amaciante. Na lavagem de roupa também pode ser usado como branqueador e, ao ser misturado ao sabão em pó, potencializa seu poder de limpeza.

Essa sugestão de uso, certamente, você conhece: bicarbonato de sódio em pó para limpar aço inoxidável. Para isso basta preparar uma pasta com um pouco do bicarbonato de sódio em pó com água morna e aplicar no metal, deixar agir por um tempinho (de 15 a 20 minutos), lavar e utilizar um pano seco para secar o metal.

Quem imagina que as nossas receitinhas acabaram está enganado. Se o vinagre e o bicarbonato de sódio auxiliam na limpeza, imagina o potencial da combinação desses dois produtos caseiros. A reação química da mistura entre os dois gera um sal (acetato de sódio) e um ácido (ácido carbônico):

$$NaHCO_{3(\varsigma)}+CH_3COOH_{(\alpha q)} \rightarrow CH_3COONa_{(\alpha q)}+H_2CO_{3(\alpha q)}$$

O ácido carbônico na verdade é a mistura de um gás, o CO₂ (dióxido de carbono) dissolvido em água:

$$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

Ou seja, a mistura dos dois resulta em uma efervescência (cuidado!) que pode ser muito útil para desobstrução de vasos sanitários e pias de cozinha. Sugere-se colocar meio copo de bicarbonato de sódio e adicionar meio, ou até um copo, de vinagre e em seguida água morna. Pode-se também aplicar de forma alternada, bicarbonato de sódio e vinagre, com o objetivo de eliminar os maus odores causados por urina de animais domésticos, como cães e gatos.

PARA SABER MAIS

ALMEIDA, E. A. F.; CARVALHO, A. Z. Lava roupa todo dia. Como o sabão em pó limpa os tecidos? In: Souza-Garcia, J.; Suffredini, H. B. Contém Química!: Venda controlada - apenas para curiosos. São Bernardo do Campo: Ed. UFABC, 2015.

BARBOSA A. B.; SILVA R. R. Xampus. **Química Nova na Escola**, v. 2, n. 2, p. 3-6, 1995.

DALTIN, D. **Tensoativos**: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011.

FELIPE, L. de O.; DIAS, S. de C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, V. B. Corantes têxteis. **Químiva Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.





Se a água no copo não tem cor, por que a água da piscina é azul?°

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:

Páginas.....21

(Conhecimentos a respeito da química no tratamento da água de piscina)

Indicações:

Para aqueles que não perdem a oportunidade de um mergulho para se refrescar em um dia de verão.

Efeitos colaterais:

Refletir por horas sobre a qualidade da água da piscina em que está nadando.

Responsáveis Técnicos – Autores

Antônio Francisco da Silva Maria Lucia de Oliveira Machado Rodrigo Papai Márcia Guekezian Ivanise Gaubeur

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Quem nunca ficou animado de mergulhar naquela água azulzinha da piscina em um dia quente de verão? Mas quem nunca pensou, água azul? Como? Se a água dentro de um copo não tem cor?

Vamos começar esse capítulo respondendo à pergunta do título. Para que um material tenha cor, ele deve absorver luz visível. O sol emite radiação em uma ampla faixa de comprimentos de onda (λ) . A região que compreende do violeta $(\lambda \sim 380 \text{ nm})$ ao vermelho $(\lambda \sim 780 \text{ nm})$ é chamada de região visível (aquela que enxergamos). Lembre-se de que a luz branca que vem do sol pode ser dividida em várias cores, as cores do arco-íris!

A água, em princípio, não absorve radiação visível. Por isso, a água no copo (se estiver limpa) é transparente. Agora, para grandes volumes, como em piscinas, podemos ter diferentes fenômenos associados, como a reflexão da cor do fundo e das paredes da piscina ou mesmo do céu. Outro efeito que ocorre também é o mesmo que faz com que o céu seja azul: as moléculas de água espalham apenas os componentes da luz de menores comprimentos de onda, ou seja, azul e violeta. A luz do sol tem mais azul que violeta, por isso, no fim vemos a água azul.¹

Veja mais detalhes no livro Professor, para que estudo isso?, da editora Livraria da Física.

Mas você já deve ter notado que às vezes a água está verde! Isso frequentemente indica a falta de tratamento adequado da água da piscina. A cor verde pode ser devido ao crescimento descontrolado de algas ou ao acúmulo de metais, por exemplo. Nas olimpíadas de 2016, ocorridas no Rio de Janeiro, o mundo todo notou que a água das piscinas ficou tão verde que foi perceptível que tinha algo errado. Repare em uma das manchetes da época: "Despejo indevido de produtos causou água verde em piscinas, diz Rio 2016". Na mesma notícia, o problema foi apontado: "Segundo comitê, combinação de peróxido de hidrogênio com cloro "enganou" sistema que mede aspecto da água no Maria Lenk. Piscina terá água trocada neste sábado."2

² Disponível em: http://globoesporte.globo.com/ olimpiadas/noticia/2016/08/despejo-indevidode-produto-causou-agua-verde-em-piscinas-dizrio-2016.html. Acesso em: 07 mai. 2019.

Apenas para imaginar a quantidade de água que uma piscina olímpica tem dentro dela, vamos estimar o seu volume com base nas dimensões de 50 metros de comprimento, 25 metros de largura e 2 metros de profundidade, isso retorna um volume mínimo de 2.500 m³, o equivalente à 2.500.000 litros de água! Já imaginou trocar toda a água de uma piscina olímpica? Para evitar um contratempo como esse, a água da piscina passa por tratamentos físicos e químicos. O tratamento físico não será o foco deste capítulo, afinal, gostamos mesmo é de química!

Para se ter uma ideia da importância da manutenção da qualidade da piscina, existe até um decreto (nº 13.166, de 23 de janeiro de 1979) que aprova a Norma Técnica Especial (NTE) do estado de São Paulo relativo a piscinas, sua classificação e os parâmetros de controle da qualidade. As piscinas de uso público e coletivo restrito

(aquelas de clubes, condomínios, escolas, entre outros) são sujeitas às fiscalizações sanitárias e os parâmetros para o controle da qualidade dessas piscinas são mais amplos e rigorosos.

Falaremos um pouco sobre alguns parâmetros de tratamento e controle de qualidade como: pH, alcalinidade e cloro residual livre.

Um parâmetro sanitário importante para a qualidade da água da piscina e que deve ser controlado é a presença de microrganismos, uma vez que esses podem provocar doenças nos usuários. A água da piscina passa por um importante processo a fim de eliminar possíveis microrganismos e, dentre vários, existe um processo físico que se baseia na filtragem e até no uso de radiação ultravioleta (UV). Tal processo ajuda a diminuir a presença desses microrganismos, porém não é suficiente para garantir a qualidade microbiológica.

Junto com a filtração, a desinfecção da água é alcançada com o uso de tratamentos químicos. A cloração é um processo muito conhecido e amplamente utilizado (baixo custo quando comparado a outros) para a desinfecção das águas com microrganismos patógenos, como bactérias e vírus, que podem estar presentes não só em águas de piscina, mas também em águas potável e residual. Como o próprio nome diz, baseia-se no uso do cloro como agente desinfetante. Existe uma série de reações químicas importantes para entender o processo de cloração.

O cloro (Cl₂) é um poderoso agente oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos e quando adicionado à água dá origem ao ácido hipocloroso (HClO), que é um bactericida ativo:

$$Cl_{2(aq)} + 2 H_2O_{(L)} \rightleftharpoons HOCl_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

O HClO pode ionizar, doando o próton para a água, formando o íon hidrônio (H_3O^+) e originando o ânion hipoclorito (ClO^-) :

$$HOCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$$

Dependendo da quantidade de H₃O⁺, isto é, do valor de pH³ podemos ter proporções diferentes das espécies HClO e ClO⁻. Embora ambos apresentem poder oxidante, o HOCl, devido à neutralidade e facilidade de atravessar a parede celular, atua de forma mais eficaz na desativação dos microrganismos.

Para maximizar a concentração de HOCl, o pH deveria se manter entre 4 e 6. Entretanto, nessas condições ácidas, a água da piscina poderia atacar a pele dos nada-

³ pH é uma sigla que significa potencial hidrogeniônico e que usamos para classificar numericamente uma solução em ácida, básica ou neutra.

dores, os seus trajes de banho e até mesmo o concreto da piscina. Para evitar essa situação, é escolhido um valor de pH de compromisso. Tipicamente, o valor de pH da piscina deve estar entre 7,2 e 7,6. São vários os motivos para manter o valor de pH próximo ao da neutralidade (pH ~7,0), um deles, que já comentamos, é o de assegurar a proteção dos usuários, pois valores de pH menores que 7,0 resultam em uma água caracterizada como ácida e pode provocar danos nas mucosas e na pele, como irritações por exemplo. Já a água com valor de pH maior que 7,6 pode turvar e os produtos para desinfecção podem perder sua eficiência.

Para ajustar o valor de pH, geralmente são utilizados dois produtos: o ácido clorídrico comercial – HCI (popularmente chamado de ácido muriático que contém no mínimo uma concentração de 33% m/v) que é utilizado quando o valor de pH está maior que 7,6. O HCI em água ioniza em

íons H₃O⁺ e Cl⁻, o primeiro íon neutraliza a alcalinidade. Já para a água com o valor de pH menor que 7,2 é utilizado o carbonato de sódio (Na₂CO₃) que, dissolvido na água, resulta em uma solução alcalina a partir das seguintes reações:

$$\begin{array}{c} Na_{2}CO_{3(s)} \rightarrow 2 \ Na^{+}_{\ (aq)} + CO_{3}^{\ 2^{-}_{\ (aq)}} \\ CO_{3}^{\ 2^{-}_{\ (aq)}} + H_{2}O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_{3}^{\ -_{\ (aq)}} + OH^{-}_{\ (aq)} \end{array}$$

Chamamos a segunda reação de hidrólise e ela é a responsável pela formação do íon hidróxido (OH⁻) que neutraliza a acidez da piscina. O carbonato de sódio usado para ajustar do valor de pH da piscina também é comercialmente conhecido como barrilha leve

Já que estamos tratando do parâmetro pH, vamos entender o que é essa tal de alcalinidade, outro parâmetro controlado. Alcalinidade, no caso da água de piscina, refere-se à capacidade de neutralização do

ácido. A alcalinidade total é representada pela soma da alcalinidade produzida pelos íons carbonatos (CO₃²⁻), bicarbonatos (HCO₃⁻), hidróxidos (OH⁻), silicatos e boratos. A presença desses íons na água da piscina forma o que chamamos de uma solução tampão (solução "freadora" de pH) que é formada, por exemplo, por um ácido fraco (pouco ionizado em água) e seu sal.

As piscinas normalmente são tamponadas para evitar que os compostos químicos presentes no suor dos nadadores e dos usuários modifiquem o valor de pH. Para isso, um par de espécies químicas, normalmente formado por carbonato (CO₃²⁻) e bicarbonato (HCO₃-) se convertem uma na outra como forma de minimizar a variação do valor de pH.

No suor, por exemplo, existem várias substâncias alcalinas, que liberam o ânion hidróxido (OH⁻) na água. Esses ânions podem reagir com o bicarbonato (HCO₃⁻) e

serem convertidos para água (H₂O) e carbonato (CO₃²⁻), dessa forma mantém-se o valor de pH próximo do desejado sem a necessidade de adição constante de um ácido.

Antigamente, era utilizado um cilindro de gás cloro para a adição de cloro à água de piscina, mas esse era um procedimento perigoso, pois o gás cloro é extremamente tóxico. Atualmente, a fonte de cloro normalmente utilizada é o ácido triclorocianúrico (C₃N₃Cl₃O₃), um sólido que deve ser manipulado com luvas e que reage com a água, produzindo diretamente o ácido hipocloroso (HOCI):

$$C_3N_3Cl_3O_{3(5)} + 3 H_2O_{(1)} \rightleftharpoons C_3N_3H_3O_{3(aq)} + 3 HOCl_{(aq)}$$

Uma vantagem desse procedimento é que o ácido triclorocianúrico atua também como um "tampão de cloro", repondo o ácido hipocloroso que é facilmente degradado pela luz solar, conforme a reação química abaixo:

$$2 \ HOCl_{(aq)} \rightarrow 2 \ HCl_{(aq)} + O_{2(g)}$$

Esses equilíbrios químicos entre o ácido hipocloroso, o ácido triclorocianúrico, o carbonato e o bicarbonato possibilitam que o cloro esteja sempre presente na quantidade adequada e permitem uma água com qualidade aceitável para utilização.

Mas você deve estar se perguntando: Como vou saber se a água de piscina está adequada para nadar? Para a determinação da acidez e da alcalinidade de uma piscina existem kits comerciais que muitas vezes são os chamados "3 em 1", pois possibilitam a determinação do pH, da alcalinidade total e do cloro residual. Com base no resultado desses testes, é possível tomar a melhor conduta para manter a piscina dentro das especificações necessárias para sua adequada utilização.

Outra forma de adicionar gás cloro na água da piscina envolve a salinização. Opa! Vou adicionar sais na água e ela ficará salgada como a água do mar? Não exatamente. Para se ter ideia, é usada uma quantidade de sal menor que a presente na lágrima. Os usuários percebem que a piscina fica com um gostinho levemente salgado e sentem uma facilidade maior para "boiar", uma vez que a densidade da água com sal é maior do que para a água pura.

A salinização adiciona íons cloreto na água e, através de um processo eletroquímico, que chamamos de eletrólise (quebra da molécula pela passagem de corrente elétrica), é possível gerar o gás cloro, ou seja, através da passagem de corrente elétrica em uma solução aquosa contendo cloreto de sódio (NaCl, o componente majoritário do sal de cozinha). O ânion cloreto pode ser oxidado a gás cloro, conforme a semirreação abaixo:

$$2\mathcal{C}l_{(aq)}^{-} \rightarrow \mathcal{C}l_{2(g)}^{-} + 2e^{-}$$

A grande vantagem desse processo é que o gás cloro formado, após atuar como um bactericida, naturalmente é reduzido a cloreto (reação inversa). E assim, esse processo de redução e oxidação pode se repetir diversas vezes, evitando a necessidade de adição de mais sal.

Apesar da cloração ser amplamente utilizada no tratamento de águas, por ser eficiente e ter baixo custo, esse processo de desinfecção na presença de matéria orgânica pode dar origem às espécies organocloradas (trihalometanos e cloroaminas), substâncias tóxicas que trazem sérios riscos à saúde. Você viu sobre essas reações no capítulo anterior: "Produtos de limpeza caseiro funcionam?"

Um outro poderoso agente oxidante utilizado na desinfecção é o peróxido de hidrogênio H_2O_2 (popularmente chamado de água oxigenada quando misturado na

água). Apesar de ter menos efeitos indesejáveis quando comparada ao cloro, o peróxido de hidrogênio em altas concentrações também deve ser evitado.

Existem ainda outras alternativas para a desinfecção de águas de piscina, como por exemplo, a utilização de outros agentes oxidantes: ozônio (O_3) , prata (Ag), cobre (Cu), ferro (Fe), iodo (I_2) , bromo (Br_2) , dióxido de cloro (CIO_2) e permanganato de potássio $(KMnO_4)$. Aqui vamos nos focar na ozonização, que normalmente aparece em propagandas de escola de natação. O ozônio, O_3 , tem maior capacidade oxidante que $KMnO_4$, CI_2 e H_2O_2 .

Para gerar o ozônio (uma forma alotrópica do O₂) é necessário utilizar um equipamento chamado de ozonizador, que funciona à base de uma descarga em plasma frio ou descarga corona.

$$02 \rightarrow 0^{\bullet} + 0^{\bullet}$$

O oxigênio elementar sofre uma decomposição em oxigênio radicalar (O*) e posteriormente combina-se com o oxigênio elementar gerando o O₃:

$$O^{\bullet} + O_2 \rightarrow O_3$$

Por ser um gás instável é preciso que seja gerado no próprio local. É tóxico e de odor irritante, mas como é instável (ou seja, tempo de meia vida curto), não apresenta riscos à saúde dos usuários da piscina, mas requer treinamento para seu uso.

Existem vantagens e desvantagens nos processos de desinfecção das águas das piscinas: a cloração pode gerar compostos carcinogênicos quando o cloro reage com a matéria orgânica. A ozonização e salinização têm um alto custo e nem sempre a mesma eficiência que a cloração, ou seja, muitas vezes esses tratamentos são combinados.

Vamos voltar ao início do nosso capítulo e entender efetivamente o que pode ter acontecido na água da piscina no complexo aquático Maria Lenk durante as olimpíadas Rio 2016. ... "de acordo com o diretor de instalações..., o despejo indevido de 80 litros de peróxido de hidrogênio... deu início ao problema... No entanto, segundo os dirigentes, análises de laboratório apontaram que a substância, ao entrar em contato com o cloro, provocou uma reação química que 'enganou' os sistemas elétricos de controle dos níveis de cloro...". Qual foi essa reação química? Ao combinar duas substâncias oxidantes (H₂O₂ e HOCI), uma espécie pode inativar a outra. No caso da piscina durante as olímpiadas, o peróxido de hidrogênio (H,O,) reagiu com a principal espécie bactericida de cloro (HOCI) e inativou sua função convertendo-a em cloreto:

$$HOCl_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

Essa reação causou um grande desequilíbrio nas quantidades das espécies químicas que deveriam estar presentes na água da piscina para sua desinfecção e propiciou a proliferação de bactérias e microrganismos que conferiram a coloração esverdeada à água. Por isso, o conhecimento dos equilíbrios químicos e das reações envolvidas é de extrema importância para tomar um banho de piscina com água cristalina.

Quando for mergulhar, lembre-se de todos os equilíbrios químicos que mantêm a água adequada para sua diversão e saúde!

PARA SABER MAIS

ANGERAMI, L. A.; VIEIRA, T. C.; STREFEZZI, R. F.; Exposição de educadores físicos aos efeitos dos trihalometanos presentes em piscinas de recreação clorada e o controle dos radicais livres através dos antioxidantes. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 1, n. 3, p. 1-17, 2007.

BRITO, C. N.; ARAÚJO, E. G.; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A.; Aplicação de métodos oxidativos avançados para a desinfecção de água. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 5 p. 1.617-1.634, 2015.

PIMENTEL, F. C. et al., Condições sanitárias das águas de piscinas públicas e particulares. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 446-52, 2010.

REZENDE, W.; LOPES, F. S.; RODRIGUES, A. S.; GUTZ, I. G. R. A efervescente reação entre dois oxidantes de uso doméstico. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 66-69, 2008.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T.; VIEIRA, E. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água. **Química Nova na Escola**, n. 17, p. 8-12, 2003.





Quem não tem colírio usa óculos escuros[®]

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:

Páginas.....21

(conhecimentos sobre óculos escuros, polarização, pigmentos e equilíbrio químico)

Reações Adversas:

Desejo compulsivo por óculos sofisticados.

Indicações:

Surfistas, estrelas de cinema e pescadores.

Posologia:

Uso diário, aplicar antes de sair de casa.

Responsáveis Técnicos – Autores

Matheus M. F. de Moraes Pedro H. Thiayamiti Paula Homem-de-Mello Yuri A. Aoto

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Quando você sai ao sol e coloca seus óculos escuros, já se perguntou como eles funcionam ou como foram inventados? Esses acessórios usados para proteger nossos olhos da exposição excessiva à radiação solar são recomendados por vários órgãos internacionais de saúde, além de dar um ar de estrela de Hollywood a qualquer um.

O uso das primeiras lentes tingidas para proteção contra o sol é atribuído ao oftalmologista inglês James Ayscough, em 1752. No século XVIII, já se especulava sobre os riscos da exposição à luz solar e, atualmente, inúmeras pesquisas apontam

diversos riscos, principalmente associados à radiação ultravioleta (UV).

Felizmente, as tecnologias atuais empregadas na proteção ocular são muito superiores às do século XVIII. Há muitos anos o conhecimento comum nos diz que lentes escuras barram parte dos raios solares, reduzindo o brilho que ofusca nossa visão durante o dia, mas como essa luz é reduzida? Do que as lentes são feitas? O que as tornam coloridas?

Há dois principais tipos de lentes utilizadas atualmente, as lentes de vidro e as plásticas, feitas com polímeros. Elas podem ser coloridas por diversos pigmentos misturados durante sua fabricação ou adicionados como película sobre sua superfície. Pigmentos são substâncias químicas que absorvem quantidades de energia específicas que podem ser associadas às cores. Isso mesmo, a luz carrega consigo quantidades de energia que, depois de serem captadas

por nossos olhos, nosso cérebro as interpreta como cores. Como mencionamos no capítulo anterior, em uma escala crescente de energia temos vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo. A radiação ultravioleta possui mais energia que o roxo e não conseguimos percebê-la como cor, mas alguns animais, como as borboletas, conseguem! Quando todas as cores são combinadas, vemos a luz como branca, é o caso por exemplo da luz que vemos vinda do sol.

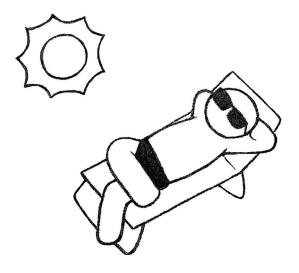
Sabendo que cada cor tem uma energia associada, podemos entender como os pigmentos funcionam. Imagine olhar para a rua em uma manhã ensolarada através de um vidro azulado. Algumas das cores que compõem os raios do sol ao passarem pelo vidro interagem com os pigmentos contidos em seu interior. Como dito antes, essa interação somente ocorrerá com energias específicas que são absorvidas pelo pigmento e o restante passará. Nesse caso, ve-

mos a cor azul devido ao fato de esta não ser absorvida pelos pigmentos do vidro, enquanto sua cor complementar, o laranja, é absorvida.

Uma substância que faz exatamente isso é o óxido de cobalto, que é um sólido azulado. Uma forma prática de saber qual a cor absorvida de algo colorido é utilizando um disco de cores de Newton. Nele a cor absorvida se encontra do lado oposto do disco em relação àquela que foi vista.

Os óculos escuros mais comuns utilizam algumas substâncias com essa propriedade de absorverem cores. Suas lentes são cinzas por haver uma mistura de pigmentos que absorvem todas as cores e o ultravioleta. Como uma parte de todas as cores é absorvida, o brilho que chega aos nossos olhos é reduzido e o desconforto de ficar com os olhos abertos na praia ao meio-dia com um solão é aliviado. Além de absorver uma maior quantidade de raios UV nos pro-

tegendo de seus efeitos nocivos! Para completar a proteção, não se esqueça de passar protetor solar no corpo.



É possível turbinar ainda mais seus óculos! Uma das formas é utilizando lentes polarizantes. Para entender como a polarização nos ajuda, primeiro devemos ter uma ideia de como a luz se comporta e o que ocorre quando a polarizamos. A luz pode ser entendida como uma onda. Imagine a ponta de uma corda esticada amarrada na parede e você segurando a outra. Quando você levanta e abaixa a mão rapidamente a corda fará uma onda com o formato de um "s" deitado que "caminha" ao longo da corda. Esse "s" pode ser formado na horizontal se você balançar a corda da esquerda para a direita, ou o "s" pode estar em qualquer outra direção, basta que você mova a mão na diagonal.

Da mesma forma, podemos imaginar a luz como sequências de "s´s" em diferentes direções. Quando todos os raios de luz possuem seus "s´s" em apenas uma direção os chamamos de luz polarizada. Podemos transformar uma luz não polarizada em uma polarizada usando filtros.

Voltemos ao exemplo da corda: imagine agora que entre você e a parede há uma gra-

de feita de barras de ferro na vertical próximas umas das outras. Ao formar o "s" na corda ele caminhará em direção à grade. Se o "s" estiver na horizontal ele baterá na grade e deixará de existir do outro lado, mas se o "s" for na vertical ele passará a grade sem dificuldades. Quando o "s" estiver na diagonal é como se parte dele estivesse na vertical e parte na horizontal, ou seja, ao passar pela grade a parte vertical não sofre alteração e a horizontal é parada, tornando o "s" apenas vertical. Nesse caso, a grade polariza nossa corda, deixando passar apenas os "s's" verticais.

Sabendo o que é uma luz polarizada, como os óculos polarizantes nos ajudam? Quando vamos pescar, andar de barco ou passear em um parque que tenha um espelho d'água, percebemos que olhar para a água quando há sol é desconfortável, pois a luz reflete na superfície formando pontos brilhantes que ofuscam nossa visão. Várias superfícies ao refletirem a luz polarizam-na,

como é o caso da água parada ou de folhas plastificadas de revista.

Felizmente, essa polarização frequentemente ocorre na horizontal. Então, podemos utilizar um filtro que barre toda a luz na horizontal e reduzir o brilho causado por essa reflexão. Os óculos polarizados usam exatamente essa ideia, mas seu funcionamento é um pouco diferente. Esse tipo de lentes foi inventado em 1939, por Edwin H. Land, fundador da empresa Polaroid. Suas primeiras lentes eram feitas com cristais microscópicos de herapatita alinhados entre folhas de celulose. A herapatita, ou sulfato de iodoguinina, foi descoberta pelo guímico William Herapath, em 1852, depois de um de seus alunos adicionar iodo à urina de um cachorro que havia tomado quinina¹ (por que esse aluno foi fazer isso?). A

Remédio para malária e babesiose, que é a base da água tônica.

herapatita é um cristal verde diferente do que era conhecido até então e os cientistas perceberam que polarizava a luz ao ser colocada no microscópio. Essas lentes com herapatita e celulose foram muito utilizadas durante a Segunda Guerra Mundial por aviadores para reduzir o brilho quando voavam sobre água.

Atualmente, os filtros usados são construídos com polímeros (do tipo PVA, por exemplo) esticados na horizontal, formando cadeias microscópicas. Nelas são adicionadas pitadas de iodetos, que permitem a condução de elétrons nestas grades alinhadas. Por serem condutoras, elas absorvem a luz paralela a si e permitem que a luz perpendicular passe sem problemas. Assim, a luz na horizontal é barrada e apenas a vertical chega aos nossos olhos. É importante ressaltar que a polarização não barra todos os raios UV, por isso óculos escuros polarizantes possuem também camadas de pig-

mentos como os óculos escuros comuns. Com toda essa tecnologia bem na sua frente, sua pescaria se torna muito mais agradável e tranquila. Mesmo que o sol esteja a pino, é só se sentar e relaxar.

Conceitos semelhantes aos empregados nos óculos escuros também são usados para trazer mais realidade ao cinema por meio dos óculos 3D. Os óculos mais antigos, que bombaram nos anos 2000, se baseiam no uso de pigmentos. Cada uma das lentes desses óculos possuía um pigmento diferente: um absorvia a cor vermelha e outro a sua cor complementar, o ciano. O filme 3D era feito de maneira especial, sendo composto por duas imagens sobrepostas. A primeira imagem era deslocada para a esquerda e tinha sua cor vermelha retirada. A segunda imagem era deslocada para a direita e sua cor ciano era retirada. Isso gerava uma imagem estranha desfocada e com bordas azuis e vermelhas, mas na verdade ela era a estrela do show! Quando essa imagem é vista com os óculos especiais, seu olho esquerdo vê a imagem deslocada para a direita e o olho direito vê a imagem para a esquerda. Essa inversão nos dá a sensação de profundidade.

Originalmente, tais filmes foram filmados utilizando câmeras com duas lentes muito próximas uma da outra. Uma dessas lentes era vermelha e gerava a filmagem sem a cor ciano e a outra era ciano e gerava a filmagem sem o vermelho. Recentemente, esse efeito pode ser gerado com o uso de computadores: uma imagem é replicada, retiram-se as cores certas de cada uma delas e as deslocam para formar a imagem especial.

Entretanto, nos dias de hoje, quando vamos ao cinema ver um filme 3D, os óculos não têm mais cores. Isso graças aos avanços que também foram usados em nossos óculos escuros turbinados, a polarização! Atualmente, em vez de cores, os óculos separam

imagens diferentes pela polarização da luz. Os óculos 3D possuem uma lente com filtro de polarização vertical e outra com polarização horizontal. O filme é projetado como duas imagens com polarizações diferentes, cada qual vista por um olho. Isso gera o mesmo efeito de profundidade.

Mas muito cuidado! Essa ilusão de profundidade pode representar riscos no dia a dia. Óculos escuros com lentes de baixa qualidade podem absorver quantidades diferentes de luz causando esse efeito. Eventualmente, isso pode levar à confusão na avaliação da profundidade. No trânsito, por exemplo, ter a percepção errada da distância em que outro veículo se encontra pode levar a acidentes.

Ainda temos um primo dos óculos de sol, as lentes fotocrômicas, conhecidas como *transitions*. Essas lentes possuem a incrível capacidade de escurecer com o aumento da luminosidade. Assim, como

em um passe de mágica (ou, melhor, de ciência!), óculos transparentes dentro de casa se tornam óculos escuros no parque. Isso ocorre devido às reações químicas entre componentes dentro das lentes. Essas reações funcionam de formas diferentes e dependem do material que as lentes são feitas, vidro ou polímero.

No caso de lentes de vidro, durante sua produção, são geralmente adicionados cloreto de prata e cloreto de cobre ao vidro fundido. Ao esfriar, o vidro se solidifica e os cloretos de prata e cobre ficam espalhados em seu interior. Quando os raios ultravioletas do sol batem nas lentes, eles são absorvidos pelo cloreto de prata. Com essa energia recebida da luz, elétrons dos cloretos são passados para a prata. Essa transferência de elétrons forma partículas microscópicas de prata metálica e gás cloro presos no vidro.

Essas partículas de prata no interior da lente passam a absorver mais cores que o

cloreto de prata, o que torna a lente escura. Entretanto, quando a primeira partícula de prata é formada se inicia uma reação inversa. Ou seja, elétrons da prata metálica passam a ser transferidos para o gás cloro, regenerando o cloreto de prata. Durante todo o tempo que as lentes estão expostas ao sol as duas reações ocorrem simultaneamente, mas com velocidades diferentes. No início, não há prata metálica na lente por isso a reação de formação dela é mais rápida do que a de formação de cloreto de prata. Com o passar do tempo no sol, há o aumento da concentração de prata metálica. Isso leva a uma diminuição da velocidade em que a reação de escurecimento ocorre, pois há menos cloreto de prata, e a de clareamento passa a ser mais rápida, pois há mais prata metálica e gás cloro. Isso ocorre até um momento em que as velocidades das duas reacões são iguais, mas elas não param de ocorrer, esse é o chamado equilíbrio químico.

Nesse caso, como a reação de escurecimento depende da radiação UV ela será mais rápida ou mais devagar dependendo de quanto o sol incide nas lentes, consequentemente, o equilíbrio químico também depende dessa quantidade de radiação. Por isso, essas lentes possuem graus de escurecimento diferentes dependendo de quão forte o sol está. Um caso extremo é quando entramos em um ambiente com luz artificial, ou anoitece, e os óculos recebem muito pouca radiação UV. Nessa hora, a reação de escurecimento torna-se muito lenta e o equilíbrio da reação é deslocado para uma concentração muito maior de cloreto de prata do que de prata metálica, ou seja, as lentes tornam-se completamente claras.

Um último componente essencial para o funcionamento dessas reações é o cobre que foi brevemente citado no início. Os íons de cobre aceleram a transferência dos elétrons da prata metálica para o gás cloro, isto é, catalisam esta reação. Sem este mecanismo, a reação de clareamento seria muito lenta. Nesse caso, os óculos se tornariam muito escuros com qualquer incidência de raios UV e demoraria muito para clarear quando essa incidência fosse interrompida.

Outro tipo de lentes transitions, funcionam graças a reações completamente diferente, mas utilizando a mesma ideia. Elas são produzidas com pigmentos orgânicos, como os naftopiranos, depositados como uma camada superficial em lentes de vidro ou de plástico. Tais substâncias absorvem radiação UV, mas não as energias associadas a cores, portanto não vemos cor nelas. Quando esses materiais absorvem a energia da radiação UV algumas ligações químicas dessas moléculas são quebradas e novas são formadas. Essa mudança na estrutura desses pigmentos faz com que as energias que eles absorvem mudem, permitindo que esses compostos passem a absorver cores, o que torna as lentes escuras. Mas não se engane, quando a lente se torna escura essas moléculas não deixam de absorver os raios ultravioleta e continuam nos protegendo. Além disso, da mesma forma que o cloreto de prata, a mudança de estrutura e o retorno para a estrutura original desses pigmentos orgânicos ocorrem a todo o momento.

Um fato interessante é que a temperatura também interfere nesses equilíbrios. O aumento da temperatura aumenta a velocidade da reação que clareia a lente, deslocando o equilíbrio químico. Ou seja, dependendo de onde se encontram os óculos, as lentes podem escurecer menos do que seria o esperado. Isso também pode ocorrer quando a luz do sol esquenta os óculos! Então, talvez seja melhor não utilizar uma lente fotocrômica enquanto estiver atravessando o deserto do Saara.

Há ainda uma versão mais moderna das lentes fotocrômicas, os óculos escuros eletrônicos. Esses óculos supertecnológicos funcionam com um pequeno circuito integrado que trabalha como nosso cérebro e nossas pupilas. Um sensor, ao receber raios UV que fazem parte da luz solar, ativa uma pequena bateria dentro da armação dos óculos, gerando uma corrente elétrica que passa por toda a lente. Essa corrente modifica as lentes feitas de cristal líquido, um material parecido com o de visores de calculadoras. Essa modificação afeta a passagem da luz pela lente, podendo tanto polarizá-la quanto absorver parte dela. Alguns óculos ainda possuem bluetooth, que permite controlar esse mecanismo via celular ou tablet. O maior problema nesses óculos é a necessidade de recarregá-los.

Óculos escuros são acessórios que, além da sua beleza estonteante, são de extrema importância para nossa saúde ocular. Desde sua criação, grandes aperfeiçoamentos ocorreram, permitindo maior nitidez,

conforto e segurança. Não somente os materiais utilizados evoluíram muito com os anos, mas também os modos como são feitos e os mecanismos pelos quais atuam. Então, da próxima vez que colocar seus óculos escuros para encarar aquele solão, seja na praia ou no asfalto, pense em toda a ciência e tecnologia que estão escondidas bem em cima do seu nariz.

PARA SABER MAIS

CURIOSIDADE sobre polarização (Vídeo em inglês). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=642&v=zcqZHYo7ONs. Acesso em: 23 abr. 2019.

EFEITO de lentes polarizantes. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=PgoT_FLk0xA Acesso em: 23 abr. 2019.

FUNCIONAMENTO de pigmento orgânico fotocrômico. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=D7X YiHlsm98. Acesso em: 23 abr. 2019.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A química e as cores. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 4, p. 1508-1534. Disponível em: http://doi.org/10.5935/1984-6835.20150082. Acesso em: 23 abr. 2019.





Uma luz (fria) na escuridão[®]

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:

Páginas.....21
(conhecimentos sobre luz e seres vivos)

Reações Adversas:

A leitura deste texto pode lhe deixar obcecado por seres vivos que emitem luz própria.

Indicações:

Para interessados em descobrir que nem tudo o que brilha é vaga-lume.

Efeitos colaterais:

Aumentar a curiosidade acerca de processos que levam a emissão de luz, in vivo ou in vitro.

Responsáveis Técnicos – Autores

Diêgo Ulysses de Melo Henrique Bergonzini de Lima Fernando Heering Bartoloni

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

O entardecer de um dia quente, perfumado pelo cheiro da grama alta e da chuva que acabara de cair, é o cenário perfeito para um dos encontros mais brilhantes que uma pessoa poderia ter entre si e... um inseto. Aos poucos, à medida que a escuridão avança e os olhos se acostumam com a baixa luminosidade, é possível perceber o relampejar breve de uma luz amarelo-esverdeada, vindo de uma "lâmpada" que pa-

rece subir e descer, ir e vir, parar e continuar, sem ter uma rota muito bem definida. Esse "pisca-pisca" vivo pertence a um bichinho relativamente bem conhecido, chamado de vaga-lume (ou pirilampo, dentre outras denominações). Talvez menos conhecido pela maioria das pessoas é o fato de que a luz produzida por esse ser vivo tem a intenção de permitir a comunicação entre indivíduos da mesma espécie, para uma finalidade tipicamente reprodutora. De fato, a conversa entre macho e fêmea, por meio desse acende-e-apaga, parece ser diferente para cada uma das mais de 2000 espécies já identificadas de vaga-lume.

Ver o brilho de um vaga-lume tem se tornado cada vez mais uma questão de sorte. Com a redução do tamanho das áreas verdes em ambientes urbanizados e com o aumento da iluminação artificial noturna, esse tipo de encontro tem sido mais raro ou, pelo menos, mais difícil de se notar.

Não fosse pela característica emissão de luz desse ser vivo, um vaga-lume aparentaria ser nada mais do que um inseto "apagado" qualquer – e de aparência bem pouco agradável aos olhos, por sinal. Exposto à iluminação artificial do interior de um ambiente doméstico, é quase imperceptível o brilho emitido pelo fotóforo – nome dado ao órgão situado na parte inferior do abdômen desse inseto, o qual recorrentemente é representado como a "lâmpada do traseiro do vaga-lume" em muitas ilustrações lúdicas.

Uma outra característica interessante da emissão de luz do vaga-lume é o fato dela ser fria. Geralmente, estamos acostumados a associar a geração de luz e luminosidade com processos que ocorrem em altas temperaturas, seja o filamento incandescente de uma lâmpada, ou a chama de uma vela, até mesmo a fusão nuclear em estrelas. Todos são processos que emitem luz e, junto com ela, uma grande quantidade de calor –

logicamente, em diferentes escalas de magnitude! Com vaga-lumes, é possível segurar um na palma da mão sem que qualquer sensação de queimadura seja experimentada. De fato, imagine só se o acender do fotóforo de um vaga-lume envolvesse uma temperatura igual à da chama de uma vela (ou de metal incandescente)? O bichinho não teria muitas chances de, chamuscado, conseguir brilhar de novo, coitadinho...

Esse fenômeno de produção de luz fria por um organismo vivo tem um nome bem conhecido no meio científico: biolumines-cência. Apesar de ser tipicamente associada aos vaga-lumes, a bioluminescência não é exclusividade desses seres vivos. Além disso, ela é conhecida já há um bocado de tempo.

Se alguma vez você, caro leitor, já parou para pensar por que o vaga-lume é capaz de brilhar por conta própria, saiba que esse foi um interesse compartilhado por muitos filósofos antigos. O próprio Aristóteles (384-322 a.C.)

demonstrou curiosidade pela emissão desse tipo de luz, sendo o primeiro a documentar a observação da bioluminescência, contudo, não por vaga-lumes, mas por matéria orgânica em decomposição, como peixe e madeira podres. Apesar de ser uma observação que data da Grécia Antiga, o nome "bioluminescência" e o entendimento desse fenômeno em nível molecular vieram bem depois, a partir dos anos 1900. Mas iremos falar mais sobre isso depois. Antes, é melhor lançarmos luz sobre aonde (ou com quem) a bioluminescência ocorre.



Um inseto capaz de brilhar sozinho já é uma coisa exótica. E como podem peixe e madeira podres brilharem? De fato, não é a matéria em decomposição que brilha, mas sim, certos tipos de bactérias bioluminescentes que ali vivem e se reproduzem. Tão eficiente é a emissão de luz por bactérias

bioluminescentes que vivem na carne em decomposição, que há relatos antigos de mineradores de carvão utilizando filés de peixe podre contaminados com bactérias bioluminescentes como "lâmpada de segurança". Em um ambiente proibitivo à presença de uma lamparina, devido ao risco de explosão, tal artifício aparece como uma ideia brilhante.

A lista de animais bioluminescentes é grande. Além de diversos tipos de bactérias bioluminescentes, um inseto capaz de emitir luz fria própria, conhecido no Brasil como verme trenzinho, produz luz verde ao longo de seu abdômen, enquanto que a cabeça é capaz de brilhar vermelho (tal qual um laser pointer com patinhas, que dispensa a troca de pilhas). No mar, é possível encontrar peixes, águas-vivas, crustáceos, lulas (medindo de 2,0 a 4,5 metros de comprimento!) e uma série de outros animais de nomes complicados e que aparentam ter saído de filmes de ficção científica – todos bioluminescentes.

Todos esses animais brilham por conta própria, devido a processos que ocorrem naturalmente em seus metabolismos. Essa emissão de luz sempre acontece dentro do órgão fotóforo especializado para tal, que pode ocupar uma boa porção do corpo do ser vivo, ou ser apenas um mero detalhe em sua anatomia.

O vaga-lume tem uma única "lâmpada no traseiro" como fotóforo. Mas certas águas-vivas possuem o perímetro de sua estrutura gelatinosa repleto de fotóforos, dando origem ao espetáculo maravilhoso de um anel de luz cintilante nadando pelo oceano. Lulas gigantes bioluminescentes possuem centenas de fotóforos, todos muito pequenos, não maiores do que um grão de feijão cada um, e distribuídos apenas em certas regiões específicas de seus tentáculos.

E quando o bicho não tem fotóforo, mas brilha mesmo assim? Isso ocorre frequentemente com seres vivos que não emitem luz, mas são capazes de viver em uma relação simbionte com espécies bioluminescentes. Talvez o exemplo mais famoso desse tipo de mutualismo seja o de uma certa variedade de peixe que vive em águas abissais, como da ordem Lophiiforme, que possui um órgão projetado à frente de sua cabeça, preenchido por bactérias bioluminescentes. Tal arranjo serve como uma vara de pescar luminosa que o peixe usa para atrair suas presas na escuridão. As bactérias que servem de isca, em contrapartida, encontram um ambiente propício ao seu desenvolvimento dentro desse órgão.



Luz também pode ser utilizada para evitar que um ser vivo seja predado. Como ocorre com uma espécie de camarão minúsculo, capaz de eliminar uma secreção bioluminescente pela boca, empregada para confundir seu potencial predador. Sentindo o perigo, esse tipo de camarão literalmente vomita a secreção luminosa nos olhos do predador, confundindo-o, enquanto o camarão é capaz de nadar de costas de volta para a escuridão.

Há uma espécie de lula de hábitos noturnos, não bioluminescente, capaz de viver em uma relação simbionte com bactérias emissoras de luz. Tais bactérias estão presentes em órgãos dispostos na parte inferior da lula, emitindo uma luz de cor azul pálida. Quando vista de baixo, a luz emitida pelas bactérias na lula "apagam" o contorno dela, que apareceria como uma figura escurecida devido ao bloqueio da luz solar refletida pela Lua, vinda por cima. Com o contor-

no apagado pela emissão bioluminescente, um predador que olha para cima não consegue enxergar a lula. E ela pode continuar a nadar despreocupadamente pelo oceano, em seu *stealth mode*¹ bioluminescente.

Existem relatos de uma espécie de tubarão capaz de fazer algo semelhante, mas tudo indica que sem o auxílio de microrganismos simbiontes. Funcionalidades iguais para o mesmo fenômeno, gerado de formas diferentes. A natureza consegue ser muito criativa, sempre.

Todos os exemplos de bioluminescência discutidos anteriormente, praticamente, ocorrem dentro do mar. Em terra, contudo, há um organismo bioluminescente que é extremamente interessante e pouco conhecido do público em geral – mas não dos

¹ Stealth mode, ou modo invisível, significa passar despercebido usando algum tipo de artefato ou camuflagem, como, por exemplo, a tecnologia utilizada por aviões de guerra, os Stealth aircrafts.

cientistas: o cogumelo. Na verdade, o correto seria falar cogumelos. Ou até melhor, fungos. Fungos bioluminescentes.

Cerca de 80 espécies diferentes de fungos bioluminescentes já foram identificadas pelo mundo, diversas destas encontradas pela primeira vez no Brasil (e ao menos uma ocorre exclusivamente aqui, até onde se sabe). Apesar da terminologia mais adequada ser fungo, não há problema em chamar tais seres vivos de cogumelos. Fungo é nome dado ao ser vivo inteiro, compreendendo o micélio (que seria equivalente à sua raiz, e que é a maior parte do organismo) e o cogumelo, que nada mais é do que um corpo de frutificação. Ou seja, cogumelos estão para fungos assim como frutas estão para árvores. Um fungo pode não ter cogumelo, mas um cogumelo só existe associado a um fungo. Aquilo que compramos na feira limpa, para fins culinários, como shitake ou cogumelo--paris frescos? É tudo fruto de fungos.

É muito comum a presença de corpos de frutificação bioluminescentes dentre as diversas espécies de fungos emissores de luz. Isso faz a atividade de encontrar um fungo desse tipo ser muito – mas muito – interessante. Contudo, o que faz a busca por cogumelos bioluminescentes ser uma aventura atraente também é sua principal dificuldade. Acredita-se que o número de espécies de fungos bioluminescentes reportado somente não é major do que o atual por conta da limitação para encontrá-las: entrar na floresta no meio da noite. Aventurar-se em uma floresta, principalmente aquela desconhecida do aventureiro, não é muito recomendável. Por esse motivo que pesquisadores que buscam encontrar novas espécies de fungos bioluminescentes dependem muito do testemunho e, por diversas vezes, da orientação de pessoas que vivem próximas a regiões de mata e que sabem onde tais seres luminescentes estão. Cientistas não podem colaborar apenas com cientistas para fazer novas descobertas, os conhecimentos tradicionais também devem ser considerados e preservados.

••••

Caro leitor, a esta altura esperamos que você tenha percebido que a bioluminescência não é um fenômeno tão incomum quanto antes poderia parecer. Talvez, apenas difícil de ser observado de forma prática. O fato é que há uma grande variedade de espécies de animais que apresenta bioluminescência como parte de seu metabolismo. Alguns, para uma função bem conhecida, como discutido em exemplos anteriores. Para outros, o papel biológico ainda é pouco entendido. É o caso dos fungos bioluminescentes. Ainda está

em discussão se a luminescência esverdeada produzida por cogumelos serviria para atrair insetos que, após inspecionarem o ambiente iluminado, carregariam os esporos do fungo para outros locais da floresta. Algo muito parecido com o que as flores fazem com abelhas na polinização.

Em um aspecto mais amplo, chegou--se a postular que a bioluminescência poderia ser utilizada como um indicador de ancestralidade evolutiva comum. Entretanto, as chances de seres vivos pertencentes a espécies muito distantes na árvore da vida terem tido um único ancestral são extremamente remotas. O mais provável é que tal fenômeno tenha aparecido diversas vezes, em épocas diferentes, nas histórias evolutivas de cada uma dessas espécies. Contudo, para espécies mais próximas genealogicamente, a bioluminescência serve sim como um rastreador de parentesco, como veremos adiante.

A bioluminescência necessita de poucos tipos de ingredientes para ocorrer. Ingredientes estes que pertencem a uma escala muito pequena, do tamanho de moléculas. A interpretação molecular da bioluminescência começou com um farmacologista francês, chamado Raphaël Dubois (1849-1929). No final do século XIX, ele fez um experimento que envolvia o preparo de dois extratos diferentes, um quente e outro frio, a partir de material seco triturado de um organismo bioluminescente. Ao misturar porções iguais desses dois extratos (quente e frio), Dubois observou emissão de luz similar a do ser vivo luminescente (que nessa altura já tinha virado um "ser morto", por sinal). O cientista concluiu que a emissão de luz em um animal bioluminescente depende da presença de duas substâncias. Aquela que ele foi capaz de isolar na forma de um extrato guente, termoestável, ele chamou de *luciferina*. E a outra, isolada no extrato frio e sensível à temperatura, ele chamou de *luciferase*.²

Atualmente, com técnicas modernas de instrumentação científica, a composição e estrutura da luciferina e luciferase de uma série de organismos vivos, como a de vaga-lumes e águas-vivas, é bem conhecida.³

² A origem das palavras luciferina e luciferase, que claramente remete ao radical latino lux (luz), acredita-se, também faz referência a Lúcifer, o anjo caído da religião cristã, que seria "aquele que é o portador da luz". Dubois era alguém que, de certo, sabia dar nomes às suas descobertas.

³ Nota-se que o uso dos termos luciferina e luciferase, fora do contexto de um ser vivo em específico, é genérico. Independente da origem do material, luciferina é obtida do extrato quente e luciferase do extrato frio. Hoje em dia, sabe-se que, tal como o nome indica, todas as luciferases de organismos vivos são enzimas, que perdem sua atividade em altas temperaturas (daí a falta de estabilidade térmica do extrato). Por serem enzimas, luciferases são moléculas muito grandes. Luciferinas, por sua vez, são moléculas bem menores, mas que na natureza também se apresentam com uma diversidade estrutural imensa.

Para um ser vivo emitir luz, ele precisa de ambas essas moléculas, sempre.

Algo interessante, recentemente descoberto pelos cientistas, foi que todos os fungos bioluminescentes possuem um ancestral evolutivo comum. Isso foi verificado misturando-se extratos quente e frio de diferentes espécies desses fungos, sendo que a mistura sempre levou à geração de luz. Mais interessante ainda foi a observação de que luz também é gerada ao misturar o extrato quente de fungos não bioluminescentes com a luciferase de cogumelos bioluminescentes. Isto indica, a priori, que qualquer ser vivo é potencialmente bioluminescente, possuindo a luciferina correspondente em seu metabolismo, porém, sem expressar as enzimas necessárias para gerar luz.

Com base nessa ideia, cientistas foram capazes de produzir uma levedura emissora de luz, inserindo em seu DNA a sequência

genética que transcreve a produção da luciferase de fungos bioluminescentes. Logo, caro leitor, perceba que a bioluminescência, que de início parecia ser tão rara, pode vir a se tornar algo cada vez mais corriqueiro (e acessível) em nossas vidas.

Finalmente, é necessário mencionar uma terceira molécula que, assim como a luciferina e a luciferase presentes em um ser bioluminescente, é indispensável para que luz seja gerada. Oxigênio molecular, O₂. Sabe-se que processos bioluminescentes dependem da reação com oxigênio (uma oxidação, no sentido clássico da palavra) da luciferina, na presença de luciferase.

Diversos cientistas têm dedicado suas pesquisas a desenvolver processos que ocorrem fora de organismos vivos, mas que levam à emissão de luz quando alguma molécula reage com oxigênio, sem a presença de uma enzima. Tudo isso para compreender melhor como a bioluminescência fun-

ciona e, principalmente, por que ela é tão eficiente para gerar luz.

Visto que oxigênio está envolvido no metabolismo de, praticamente, qualquer ser vivo, será que a bioluminescência em potencial também estaria? Teria isso relação com a história evolutiva de organismos que respiram oxigênio, como nós? Ainda estamos longe de tais respostas. Mas, talvez, a bioluminescência será a luz (fria) que nos guiará na escuridão de algumas das coisas que ainda não compreendemos.

PARA SABER MAIS

LEE, J. *Bioluminescence, the nature of the light*. 2017. Livro eletrônico em formato open access. Disponível em: http://hdl.handle.net/10724/20031. Acesso em: 30 abr. 2019.

WIDDER, E. O estranho e maravilhoso mundo da bioluminescência. TED2011. Disponível em: https://www. ted.com/talks/edith_widder_the_weird_and_wonderful_ worldofbioluminescence/transcript?language=pt-br. Acesso em: 09 jul. 2019





Aquecimento na velocidade da luz: como funciona um forno micro-ondasº

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém: Páginas.....15

(conhecimentos sobre forno micro-ondas e aquecimento de alimentos)

Indicações:

Para aqueles que têm muita fome e pouco tempo para cozinhar.

Posologia:

Utilizar sempre que quiser uma travessa de lasanha quentinha no meio.

Responsáveis Técnicos – Autores

Bárbara S. Rodrigues Maria Kuznetsova Sibila A. A. Oliveira Juliana S. Souza

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Você já deve ter se deparado com instruções em embalagens de alimentos congelados que indicam um tempo de cozimento de 40 minutos em forno convencional e 8 minutos em forno micro-ondas. Certamente se perguntou a que se deve um tempo de preparo tão diferente. Bem, isso acontece porque o mecanismo de aquecimento destes dois equipamentos é completamente diferente.

No caso de um forno convencional, o aquecimento se dá por convecção, ou seja, pela passagem de energia de um corpo para outro. Uma partícula aquecida se movimenta com muita energia, e, ao colidir com outra partícula, transfere seu calor para esta. Assim, no forno convencional, seja ele elétrico ou a gás, a fonte de calor aquece as partículas de ar, que transferem energia para as partículas que compõem o recipiente contendo a comida, que então transferem energia para as partículas que constituem a comida. Desse modo, o calor é transferido entre muitas partículas antes de chegar ao alimento, o que resulta em perdas. Por esta razão, o processo de aquecimento é lento e ineficiente.

No caso de um forno micro-ondas, a fonte de calor são as micro-ondas, que são ondas eletromagnéticas, bem como a luz visível, os raios X e as ondas de rádio. As micro-ondas são capazes de interagir com algumas espécies presentes nos alimentos, especialmente com as moléculas de água. Isso acontece porque as moléculas de água são espécies polares, formadas por um áto-

mo de oxigênio, que tem grande tendência de atrair elétrons para perto de si, formando um polo negativo, e dois átomos de hidrogênio, que formam um polo positivo.

As moléculas de água no alimento estão totalmente desorganizadas, mas quando essas estão sujeitas à radiação micro-ondas, elas giram até alinhar seus polos com a onda. Essas rotações podem se repetir cerca de 2.450.000.000 vezes por segundo. Com isso, as moléculas de água passam a friccionar umas com as outras (e com as demais moléculas do alimento) liberando calor. Sendo assim, as micro-ondas aquecem diretamente as moléculas de água que compõem a comida, não sendo necessário o aquecimento do ar ou do recipiente. Esse processo resulta em menos perdas de calor e aquecimento mais rápido e eficiente.

Da mesma forma que a comida é aquecida muito rapidamente no forno micro-ondas, ela parece esfriar mais rápido também, não é mesmo? Isso é verdade!!! E se deve ao fluxo do calor... No caso do forno convencional, o calor flui de fora para dentro, ou seja, do recipiente para a comida. Então quando o aquecimento é interrompido, a panela ou refratário ainda está quente e mantém a comida aquecida por mais tempo. No caso do forno micro-ondas, o aquecimento é interno, ou seja, flui da comida para a vasilha que a contém. Sendo assim, quando desligamos as micro-ondas, o calor se dissipa a partir da comida e ela esfria mais rapidamente.

Já cozinhou um ovo no micro-ondas? Se já, talvez tenha acontecido alguma vez de cozinhar demais e, nesse caso, quando foi cortar o ovo, ele estourou, não é? Isso acontece porque, de fato, o ovo estava mais quente dentro do que fora.

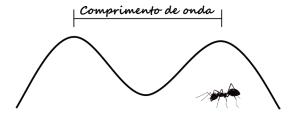
Além disso, é de praxe: você foi esquentar seu prato de comida ou uma lasanha congelada no micro-ondas e o meio ficou frio, enquanto a borda está pelando.

Isso acontece porque as micro-ondas conseguem penetrar apenas cerca de 2 cm em um meio qualquer, ou seja, o que está por fora fica quente mais rápido, enquanto algo no interior do recipiente nem chegou a interagir com as micro-ondas. Uma solução para este problema é interromper o aquecimento de tempos em tempos e mexer a comida, ou usar travessas rasas.

Antes de continuar entendendo como o forno micro-ondas funciona, é importante entender um pouco mais sobre esse tipo de energia. Como dissemos anteriormente, as micro-ondas são um tipo de radiação que se propaga no espaço na forma de ondas. Essas ondas têm uma energia que está correlacionada ao seu comprimento, que é a medida da distância de crista a crista.

No caso das micro-ondas, este comprimento é de aproximadamente 1 cm, o que é um tamanho relativamente grande (só para fins de comparação, lembra que nos capítulos anteriores falamos do comprimento de onda da luz visível, da ordem de nanômetros?!). Se uma formiga estiver dentro do forno micro-ondas ligado, ela pode não morrer devido ao aquecimento da água que constitui seu corpo porque o comprimento de onda é maior que seu corpo. Além disso, como as formigas não param, elas podem ficar em regiões onde não há emissão das ondas, não sendo atingidas.

Essas regiões existem porque as micro-ondas não são distribuídas uniformemente por todo o forno. Geralmente, as bordas do forno são as regiões que contêm maior intensidade de micro-ondas, sendo assim, é melhor deixar sua caneca de água para o chá na borda do prato do forno, assim, ele vai aquecer mais rápido. Isso explica porque o prato do micro-ondas gira: para aumentar a probabilidade do seu alimento passar por regiões com maior quantidade de micro-ondas.



E se eu colocar duas canecas de água para aquecer, ambos na borda do prato, o tempo de aquecimento é o mesmo? A resposta é não!!!! O número de micro-ondas dentro do forno permanece constante, sem importar a quantidade de alimentos que estão sendo preparados. Portanto, quanto mais alimentos forem colocados no forno, maior é o tempo de preparo. Quando a potência é aumentada – o tempo de preparo se torna menor. Portanto, maior quantidade de comida pede potência maior para ser preparada mais rápido, ou tempo maior para ser preparada em potências baixas.

O recipiente no qual você coloca a comida para ser aquecida no micro-ondas também é muito importante. O material não pode interagir com as ondas, como alguns tipos de plásticos que são ricos em grupos -OH na sua constituição, por exemplo. Assim como a água, esses plásticos são aquecidos pelas micro-ondas e derretem. Já os recipientes metálicos repelem as micro-ondas, provocando a formação de centelhas, um fenômeno assustador semelhante ao relâmpago. NÃO FAÇA ISSO EM CASA!!!! O material metálico que forma o interior do micro-ondas, também repele a radiação. O vidro que constitui a frente da tampa do forno não interage com as micro-ondas, ou seja, não as segura dentro do forno. Por isso, é colocada aquela tela metálica por dentro da porta. Então, não se preocupe, você está seguro!

Mas se as micro-ondas são ondas como a luz visível, isso significa que elas também são emitidas pelo Sol? Sim!!! O Sol emite ra-

diação micro-ondas. Então por que não cozinhamos como se estivéssemos dentro de um forno micro-ondas, já que somos constituídos por 65% de água? E quanto à água nos oceanos? Bem, nosso planeta nos protege, mais especificamente o campo magnético da Terra nos protege deste tipo de irradiação, impedindo sua entrada. Da mesma forma que a malha metálica na tampa do forno micro-ondas impede a saída da radiação.

E como são produzidas estas micro-ondas? Em um forno convencional a gás o calor é proveniente do fogo resultante da mistura de oxigênio, combustível (gás de cozinha) e uma faísca. No caso de um forno elétrico, o calor é o resultado da passagem de corrente elétrica por um material que resiste à sua passagem. As micro-ondas, por sua vez, são originadas por um magnetron que é constituído por um ânodo cilíndrico (polo negativo) ao redor um catodo (polo positivo).

Um campo elétrico de cerca de 4000 V é aplicado entre o ânodo e o cátodo; com isso, elétrons são ejetados do cátodo e se movem em direção ao ânodo. Contudo, ímãs posicionados acima e abaixo do conjunto de eletrodos modifica a trajetória dos elétrons (isso acontece porque os elétrons interagem com campos magnéticos). Desse modo, os elétrons passam a desenvolver um movimento circular em torno do cátodo. Esse movimento é afetado pela geometria do ânodo, ou seja, pelas pequenas cavidades dele, fazendo com que os elétrons oscilem. Elétrons em movimento circular dão origem a um campo magnético. O resultado deste processo é a formação de oscilações eletromagnéticas com comprimento de onda da ordem de grandeza das micro-ondas. Essas ondas são capturadas por uma antena que as conduz para o interior do forno.

Esta forma de gerar micro-ondas e suas aplicações como fonte de aquecimen-

to foram descobertas acidentalmente pelo engenheiro Percy LeBaron Spencer, que trabalhava na empresa Raytheon, produtora de magnetrons para radares. Ele estava testando o funcionamento de um radar, quando uma barra de chocolate derreteu em seu bolso sem que ele percebesse.

Posteriormente, o engenheiro resolveu testar a interação das micro-ondas com outros alimentos. A patente de micro-ondas para uso culinário foi obtida em 1946 e sua comercialização iniciou-se em 1947, através da empresa Raytheon. Contudo, os fornos micro-ondas domésticos só podem operar em freguências de 2,45 GHz. Isto porque, como dissemos antes, a tecnologia de produção das fontes de micro-ondas é a mesma utilizada para a fabricação de radares, logo, algumas freguências são controladas pelo exército. Na verdade, a frequência ótima para rotacionar as moléculas de água é de 18 GHz. Agora imagine a velocidade de aquecimento da comida se os fornos micro-ondas domésticos operassem em frequência ótima para rotacionar moléculas de água!

Na realidade, a frequência dos fornos micro-ondas domésticos é ótima para promover a rotação de moléculas como as de etanol, por exemplo. Então, se você acha rápido ferver uma caneca de água em 2 minutos, seria possível ferver etanol em 30 segundos. NÃO TENTE FAZER ISSO EM CASA, pois você pode se queimar. Em resumo, podemos entender que as micro-ondas aquecem diretamente uma espécie, interagindo com moléculas que possuem um polo negativo e um positivo, promovendo sua rotação e aumentando a fricção entre as partículas.

No caso dos alimentos, a água é o componente polar principal, especialmente em alimentos congelados. Como resultado, o aquecimento da comida se dá pela rotação e consequente fricção entre as moléculas de água que a constitui. Mas é possível

expandir esse princípio para o aquecimento de outros sistemas, como reações químicas. O uso deste tipo de fonte de aquecimento nas mais diversas áreas da química têm despertado um imenso e crescente interesse, especialmente na área da química verde, visto que há uma imensa economia de energia.

Na área da química de síntese, o uso deste tipo de fonte de aquecimento é particularmente intrigante. Alguns cientistas afirmam que as micro-ondas não só promovem um aquecimento acelerado, como também afetam o mecanismo das reações químicas – quando comparadas a reações realizadas sob aquecimento por fonte convencional. Assim sendo, fica a dúvida: Será mesmo que as micro-ondas só aquecem?

PARA SABER MAIS

BARBOZA, A. C. N.; CRUZ, C. V. M. S.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C. F.; SABADINI, E. Aquecimento em forno de microondas/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, v. 24, p. 901, 2001.

COMO funciona o forno de microondas? Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-forno-de-microondas. Acesso em: 23 abr. 2019.





Um por todos... E todos contra o câncer!®

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas......20
(conhecimentos sobre novas tecnologias para o tratamento do câncer)

Reações Adversas:

Atenção! Este capítulo pode desenvolver em você a vontade de descobrir a cura do câncer!

Indicações:

Este capítulo é receitado para pessoas que tenham interesse em saber sobre as novas abordagens no tratamento do câncer.

Responsáveis Técnicos – Autores

Cassiano Minoru Aono Felipe C. Torres Antonio Mateus M. Zanotto de Toledo Michele A. Salvador Ronei Miotto Paula Homem-de-Mello

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

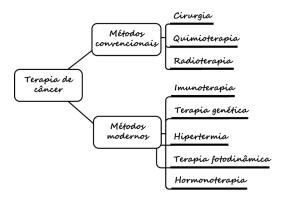
Algumas das linhas de pesquisa mais modernas procuram desenvolver soluções para problemas cada vez mais complexos ou ainda sem resposta do nosso cotidiano.

Assim, temos buscado uma visão mais ampla do problema em questão e, especialmente, das consequências que suas possíveis soluções podem causar. Esta busca pela visão ampliada é importante, pois, quando tentamos cercar o problema, podemos excluir importantes informações que poderão fazer falta, tanto na sua efetiva resolução quanto no entendimento das possíveis consequências adversas.

Esse tipo de abordagem é facilitada quando envolvemos grupos multidisciplinares. Multi..., o quê? Multidisciplinares! São equipes formadas por profissionais de diferentes áreas, para unir diferentes conhecimentos e maneiras de abordar um mesmo problema. A ideia é que, como ninguém sabe tudo, os conhecimentos diferentes se somem e as deficiências sejam anuladas em equipe.

Esse papo todo parece ser meio estranho, mas vamos tentar pensar juntos em problemas que acompanham a nossa sociedade há muito tempo, como a diabetes ou o câncer, por exemplo. Agora vamos imaginar uma pessoa tentando encontrar a cura para esses males, ou um remédio para diminuir os problemas que essas doenças trazem. Seria muito difícil fazer isso sozinho, certo? Tanto é que ainda não há cura para a diabetes e, dependendo do tipo de câncer, os tratamentos podem ser tão agressivos que podem ser mais danosos que a própria doença.

No Brasil, temos hoje grupos multidisciplinares de pesquisadores que abordam estas questões e produzem ciência de mais alto nível. Inclusive, na busca de tratamentos mais modernos e menos invasivos contra o câncer do que a cirurgia, a quimioterapia ou a radioterapia. Esses tratamentos tradicionais têm conseguido trazer a diminuição da doença e muitas vezes a cura, mas os pacientes geralmente sofrem muito com os efeitos colaterais. A quimioterapia, por exemplo, pode atacar também células saudáveis do corpo, deixando seguelas e dificultando a recuperação. Então, novos tratamentos visam ter ação local, bem específica, para não trazer prejuízos para outros órgãos.



Em Santo André, na Grande São Paulo, o médico e pesquisador João Paulo Tardivo, da Faculdade de Medicina do ABC, tem conseguido excelentes resultados em suas pesquisas com o professor Maurício Baptista, da Universidade de São Paulo e outros colaboradores, no Centro de Referência do Pé Diabético. Nestas pesquisas, a Terapia Fotodinâmica (descrita em muitos lugares como PDT, que vem do inglês *Photodynamic Therapy*) é utilizada para tratar câncer do tipo melano-

ma, mas também já obtiveram sucesso em osteomielites (que é um tipo de inflamação grave que pode levar à amputação), leishmaniose, onicomicose e herpes.

Um dos trabalhos mais recentes resultou no *Teorema de Tardivo*. Nesta ideia, é proposta uma forma para avaliar o estágio da doença e então decidir se ainda é possível utilizar a PDT, de forma a evitar a amputação. Esta parceria de sucesso, que já se desenrola há quase duas décadas, usa principalmente uma única molécula: o azul de metileno.

Azul de metileno

Este composto é um sucesso não apenas pela alta eficiência que tem apresentado na cura de diversas doenças, mas também pelo fato de ser muito mais barato do que as demais técnicas.

Normalmente, o pé diabético apresenta o desenvolvimento de pequenas feridas que não cicatrizam e evoluem para grandes inflamações, úlceras, câncer e infecção generalizada. O principal motivo disso se deve ao descontrole da diabetes, que pode levar ao entupimento dos vasos sanguíneos. Nestes casos, há uma baixa circulação sanguínea, o que causa a morte das células porque param de receber oxigênio, nutrientes e, claro, medicamentos também

Como na PDT o ataque ao problema é tópico (local) e depende menos da circulação sanguínea, sua utilização é uma carta na manga dos médicos, e não só para esta doença.

Falando um pouquinho mais desta terapia revolucionária que é a PDT, vocês sabem como ela funciona? Nos nossos livros da série Contém Ouímica (Venda controlada - apenas para curiosos e 100% natural) descrevemos um pouco esse tratamento, mas basicamente, é usado um composto que não possui atividade no escuro (ou como chamamos, baixa toxicidade no escuro) mas, quando colocado em exposição a luz em uma energia bem determinada e, na presença de oxigênio, são produzidos radicais livres que geram a morte destas células tumorais ou organismos invasores (sim, a PDT pode ser aplicada também para matar vírus, fungos e bactérias).

Dizemos que a PDT é um tratamento local e seletivo. Como é necessária luz para fazer o tratamento, mesmo se o corante for para a corrente sanguínea, não deverá ter atividade e, então, não deve afetar outros órgãos do paciente, diferentemente das terapias tradicionais, como dissemos anteriormente.

No caso do câncer, a alta seletividade também se dá pelo metabolismo diferenciado do tecido tumoral. O seu metabolismo é mais acelerado que o das células saudáveis do entorno. Então, quando colocamos um composto como os corantes utilizados em PDT, em uma região com tumor, eles caem na armadilha! O tumor começa a colocar corante para dentro, mais rápido do que células normais! Logo na sequência, basta irradiar luz na energia bem específica, e... Voilà! Em poucas sessões a cura ou a melhora é quase certa!

A PDT é legal não é mesmo? Bom, mas ela não é a única técnica inovadora para a cura do câncer. Como dissemos, problemas complexos exigem trabalho de muitas pessoas e diferentes soluções podem aparecer para este problema. Outro tratamento muito novo e promissor

que vem ganhando espaço é a magneto--hipertermia.

Nossa, mas que "nomão" não é mesmo? Vamos com calma, então. Antes de falar desta técnica como um todo vamos entender uma parte dela primeiro. O termo hipertermia é antigo na medicina e corresponde a um tratamento que causa a morte das células devido ao aumento de temperatura sobre elas. Quando aumentamos a temperatura do meio celular a membrana que envolve a célula se rompe, o que a leva à morte.

Então quer dizer que, se eu conseguir um aumento da temperatura próximo às células de câncer eu consigo matá-las? Sim! É exatamente essa a ideia, aumentar a temperatura do meio celular. Quando isso acontece dizemos que é um tratamento usando hipertermia.

Mas quais são as formas de provocar este aumento da temperatura? Nesta técnica nova, o aquecimento é causado por um

fluido magnético! Nossa, mas que nome estranho para um "remédio" não mesmo? Esse material não seria tóxico? Na verdade, não. O fluido magnético tem uma aparência meio pastosa, parecendo um óleo de carro e o interessante dele é que ele reage a campos magnéticos.

Você se lembra o que são campos magnéticos? O objeto mais simples que você conhece que tem a ver com campo magnético é o ímã! Você com certeza sabe que um ímã atrai ou repele outros ímãs e que eles grudam em alguns metais, certo? Isso se deve ao fato de que ímãs são objetos que geram campo magnético e a interação entre estes campos magnéticos é que gera a força magnética que puxa ou repele um ímã do outro.

Campo magnético é um conceito bastante abstrato, mas ele está presente no nosso dia a dia. A Terra tem um campo magnético que aponta para o norte terrestre e é por isso que as bússolas apontam sempre para o norte.¹ Graças ao campo magnético, você consegue fazer uma ligação por ondas de rádio ou, em uma tecnologia mais moderna, carregar seu celular sem precisar ligar um fio na tomada. Essas tecnologias só funcionam graças à ação a distância dos campos magnéticos.

As máquinas de ressonância de hospital são como ímãs gigantes e elas conseguem gerar campos especiais, como o que chamamos de campos de alta frequência. Estes campos não são constantes, eles variam sua intensidade em um ritmo muito alto. Agora, se temos um fluido magnético sob a influência de um campo deste tipo, as partículas que compõem o fluido se agita-

¹ Sabe a diferença entre polo norte magnético e geográfico? Confira no Guia dos Entusiastas da Ciência, disponível em: http://proec.ufabc.edu.br/gec/ciencia-ao-redor/a-posicao-do-polo-norte-magneticoda-terra-foi-redefinida/.

rão e isso causará um aquecimento quase que instantâneo (do mesmo jeito que vimos no capítulo anterior, com a água no micro-ondas). Assim, os cientistas pensaram em juntar tudo isso: campos magnéticos, fluidos magnéticos e aquecimento (hipertermia) para ajudar na cura do câncer.

Existe um tipo de fluido magnético muito usado, as soluções de ferrita – MFe₂O₄ – a letra M no início da fórmula química representa algum outro metal ligado ao ferro (Fe), como zinco (Zn), manganês (Mn), cobalto (Co) entre outros.

Como essas soluções são formadas em sua maioria apenas por ferro e oxigênio (elementos já presentes no nosso organismo), quando inserimos este fluido no corpo de animais não há grandes problemas, pois elas são biocompatíveis, como se diz na área.

Uma vez na corrente sanguínea, esse fluido pode ser levado até a região do câncer, onde as ferritas aderem muito fortemente às células cancerígenas. Então, aplicamos um campo magnético de alta frequência e aumentamos a temperatura da região, causando assim, a morte celular. A todo este procedimento damos o nome de magneto-hipertermia, pois conseguimos aplicar a hipertermia através de materiais e campos magnéticos. Depois, os restos dos fármacos e das células destruídas vão sendo eliminados aos poucos pelo nosso organismo, assim como na PDT.

Uma terceira forma de tratamento para o câncer é a imunoterapia. Sabe em que é baseada? Em nosso próprio sistema imunológico! O sistema imunológico é o nosso mecanismo de defesa, formado por um conjunto de órgãos e células especiais que monitoram as substâncias no nosso corpo. Qualquer substância que o sistema não reconhecer é tratada como invasora e é atacada. A imunoterapia procura estimular este sistema para o tratamento de cân-

cer e infecções, ou debilitá-lo para o tratamento de alergias e doenças autoimunes, por exemplo.

Algumas células tumorais podem produzir proteínas muito específicas, que o corpo reconhece como estranhas e leva o organismo para o combate aos tumores, sem precisar de tratamento. Porém, nem todas as células tumorais são reconhecidas como invasoras, pois elas são parecidas demais com células saudáveis. Aí é que entra o trabalho dos pesquisadores na imunoterapia, em procurar formas de fazer com que o sistema imunológico destrua essas células tumorais.

Nos últimos anos, novas formas de estimular o sistema imunológico a reconhecer estas células têm sido estudadas, principalmente de quatro maneiras principais:

 Produzindo em laboratórios anticorpos que reconheçam melhor as substâncias produzidas apenas pelas células com câncer;

- Treinando o sistema imunológico para que ele reconheça melhor as células cancerosas;
- Removendo os "limites" do sistema imunológico através de remédios;
- Estimulando o aumento da produção de anticorpos de maneira geral.

A imunoterapia do câncer é usada hoje para tratar principalmente cânceres de pele, de mama e pulmão, mas também pode ser usada em conjunto com outros tratamentos, aumentando a sua eficiência.

Aí você me pergunta: existe relação entre isso tudo com aquela tal história de multidisciplinaridade? A resposta é sim! Muito! Os grupos de pesquisa com aplicações em humanos são feitos por profissionais da saúde, como médicos, dentistas, enfermeiras e farmacêuticos, e são possíveis porque em algum momento testes

em outros organismos in vivo e in vitro foram realizados. Estes testes por sua vez, são trabalhos de grupos de pesquisadores como biomédicos, bioquímicos, químicos, farmacêuticos, físicos e biólogos, dentre outros.

Estes certamente só ocorrem porque, físicos, químicos, biólogos e farmacêuticos preparam e testam as propriedades destes compostos em laboratórios tradicionais e/ ou em laboratórios computacionais, que cada dia vêm ganhando mais importância no estudo de propriedades para a proposta e o desenvolvimento de fármacos ainda melhores! Existem grupos de pesquisa que trabalham com a abordagem computacional de questões como estas em algumas regiões do país, como o ABCSim da UFABC (do qual fazemos parte).

Outros profissionais como engenheiros, que planejam e produzem os equipamentos para cada tipo de análise e tratamento, matemáticos, projetistas de softwares, programadores... que desempenham seus papéis na engenharia computacional. No fim, pessoas das mais diferentes formações e perfis são importantes nessa frente de batalha contra as doenças.

PARA SABER MAIS

BETTANIN, F. et al. Iluminando os caminhos. O uso da luz no tratamento de doenças. In: SUFFREDINI, H. B.; SOUZA-GARCIA, J. **Contém Química**: venda controlada apenas para curiosos. São Bernardo do Campo: EdUFABC, 2015.

GARCIA, F. G.; QUEIROZ A. A. A.; CELESTINO J.; CASTRO V. F.; Propriedades magnéticas e biocompatíveis de nanocompósitos para utilização em magneto-hipertermia. **Rev. Brasileira de Fis. Médica**, v. 4, n. 1, 2010.

PANTALEÃO, S. Q.; ALMEIDA, M. O.; HONORIO, K. M. Do laboratório para a farmácia: descoberta e planejamento de medicamentos. In: SOUZA-GARCIA, J.; HOMEM-DE-MELLO, P. **Contém Química**: a leitura deste livro pode causar dependência. São Bernardo do Campo: EdUFABC, 2016.

SARDINHA, E. S.; CORDEIRO, R. M.; SUFFREDINI, H. B. Não seja tão radical! Radicais livres não são apenas vilões. In: SUFFREDINI, H. B.; SOUZA-GARCIA, J. **Contém Química**: venda controlada apenas para curiosos. São Bernardo do Campo: EdUFABC, 2015.

SAVIGNANO, V. **Melhores nanoaquecedores para tratar o câncer.** Disponível em: https://bit.ly/2VJ2h7J>. Acesso em: 03 mai. 2019.





É preciso estar atento e forte: pseudociência pode ser a morte[®]

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas.....22
(conhecimentos sobre pseudociência)

Reações Adversas:

Esta leitura pode tornar-lhe um(a) questionador(a) de tudo que for apresentado como científico.

Efeitos colaterais:

São possíveis quadros de compulsão pela investigação científica, filosofia da ciência e métodos científicos. Em caso de superexposição a este conteúdo, foram observados casos de pessoas picotando a seção de horóscopo de jornais.

Responsáveis Técnicos – Autores

Renato Dias da Cunha Marcelo Souza Pena Felipe C. Torres Antonio Gabriela Dias da Silva Michele A. Salvador Cleiton D. Maciel Paula Homem-de-Mello

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

As pseudociências sempre fizeram parte da sociedade, mas ganharam mais destaque após a difusão da cibercultura. Esta nova cultura consiste no movimento de digitalização das relações sociais, mudando completamente as dinâmicas de comunicação, trabalho, ensino-aprendizagem e, por consequência, a maneira como as pessoas buscam a informação. No início, vislumbrava-se um ambiente de acesso irrestrito à informação, de rompimento de fronteiras e promoção da igualdade e liberdade. No entanto, a internet também abriu espaço para uma "indústria" do pseudoconhecimento, com figuras explosivas, que estouraram fazendo blogs e vídeos na internet sem embasamento algum. Estas informações formam um conhecimento informal que compete com o conhecimento científico e tem como característica o reducionismo de teorias complexas por ideias de fácil transmissão oral, na maioria das vezes isentas de verdade e outras com meias verdades.

Para entender o significado da pseudociência e aprender como se esquivar de suas armadilhas é preciso, em primeiro lugar, entender o que é a ciência e como ela funciona. Carlos Lungarzo escreve no livro O que é ciência, da célebre Coleção Primeiros Passos, que "a ciência elabora o conhecimento a partir dos fatos. Estes podem ser fatos físicos, biológicos, psicológicos, sociais etc., mas são sempre fenômenos do mundo real". Isso significa que, historicamente, o conhecimento científico acompanha o desenvolvimento da sociedade.

Em seu livro *O que é ciência afinal?*, Chalmers discorre sobre algumas definições de ciência propostas ao longo dos anos. O indutivismo define a ciência como o conhecimento obtido a partir de dados experimentais, enquanto o falsificacionismo diz que, para algo ser classificado como ciência, precisa ser falseável, ou seja, precisa ser possível de ser provado errado. Talvez não seja fácil definir o que de fato pode ser considerado ciência, mas é possível dizer se algo não é ciência.

Quando a Teoria da Evolução por Seleção Natural foi proposta, ela permitiu que fossem feitas previsões. Se essas previsões não tivessem sido comprovadas, ou seja, se por exemplo, fosse encontrado algum fóssil que não pudesse ser explicado por essa teoria, então uma nova teoria deveria ser proposta, uma mais geral que englobasse todos os casos anteriores e também este novo, que a teoria antiga não conseguiu explicar. Ou seja, a ciência tem por princípio se adaptar às novas descobertas. Nesse processo, uma teoria anteriormente proposta pode simplesmente ser descartada ou pode se tornar um caso especial de uma teoria mais geral. Para a pseudociência não existe esta preocupação.

Vejamos um outro exemplo. Depois que a Lei da Gravitação Universal foi proposta por Isaac Newton, em seu *Philosophiae naturalis principia mathematica*, publicado em 1687, a órbita dos planetas do sistema solar podia ser calculada com certa precisão, porém havia algo estranho na órbita de Urano,

até então o planeta conhecido mais distante do Sol. À luz da Lei da Gravitação Universal, essa perturbação só poderia ser explicada se algum outro corpo exercesse uma influência em sua órbita. Através de cálculos matemáticos foi possível prever o local onde esse corpo celeste desconhecido estaria. Quando astrônomos observaram o local previsto, viram uma estrela que não estava nas cartas estelares da região e, em novas observações, perceberam que essa estrela havia mudado de lugar. Assim, a proposta que aquele corpo celeste era uma estrela foi então substituída pela confirmação de que se tratava de um planeta, neste caso Netuno.

Com pseudociência isso não ocorre. Não se muda uma teoria através de uma nova observação. Um exemplo é dado no livro de Chalmers: imagine que você viu um cisne e ele era branco. Então você viu outro, que também era branco. Dezenas, centenas ou milhares de cisnes brancos depois, você

propõe que todos os cisnes são brancos, a Teoria da Cor dos Cisnes. Basta encontrar um cisne preto para que ela seja provada errada e uma nova teoria, a de que cisnes podem ser brancos ou pretos, tome seu lugar. Ao menos isso é o que a ciência faria. Na pseudociência há sempre outra razão para tal observação. Talvez esse cisne preto fosse na verdade outra espécie de ave, ou tenha sido pintado de preto, ou tenha alguma doença que torne suas penas pretas... a ciência verificaria todas essas hipóteses, mas uma vez comprovado que o cisne é mesmo preto, a teoria das cores dos cisnes seria revista. Já a "teoria" pseudocientífica de que todos os cisnes são brancos nunca estaria errada e, portanto, não seria corrigida.

Um tema muito delicado, em que temos defensores dos dois lados: a homeopatia. Há quem diga que é ciência e quem diga que é pseudociência. Quem diz que é pseudociência, afirma que não há regras gerais, que esbarramos em diversos empecilhos que não deveriam existir, afinal, na ciência, as teorias servem aos interpretadores (cientistas) de forma que possam compreender suas consequências, que servem como explicações e previsões. Ou seja, nas repetições das mesmas condições os resultados possíveis devem ser previsíveis na teoria!

Uma fala comum entre quem defende esta técnica é de que não é receita de bolo, ou seja, não é possível prever o efeito do tratamento, que deve ser ajustado a cada pessoa, independentemente da doença. Se é tão imprevisível, se é necessário ainda muito estudo para dizer como a terapia funciona, se não há relação de causa e efeito clara, a homeopatia não pode ser classificada como conhecimento científico. Para a homeopatia ter *status* de teoria científica, é preciso gerar um número significativo de resultados, em diferentes condições e que não sejam conflitantes entre si.

Vamos tentar, a partir do método dedutivo, chegar a esta conclusão? Vamos partir de duas afirmações iniciais, também conhecidas como premissas, para tentar chegar na conclusão "homeopatia funciona em seres vivos!"

- Homeopatia é uma abordagem viável quando aplicamos a Fórmula Y para a cura da doença X;
- Diferentes seres vivos tratados com a Fórmula Y foram curados da doença X;

A própria afirmação inicial de "Não é receita de bolo" vai de encontro à premissa (2), por não haver garantias que existe uma Fórmula Y para tratar a doença X. Como cada ser vivo teria que ser tratado com uma fórmula específica, ou seja, o remédio não está vinculado ao tratamento de uma doença específica, ou seja, não se pode partir de ne-

nhuma dessas premissas para se dizer que a homeopatia funciona. Outras tentativas de combinações de premissas podem ser tentadas, mas dadas as afirmações iniciais, nenhuma combinação possível por um observador minimamente imparcial não chegará à afirmação "Homeopatia funciona em seres vivos".

Até o momento, o que se sabe é que homeopatia funciona apenas por efeito placebo, mas, o que é isso? No desenvolvimento de novos medicamentos, quando os fármacos passam aos exames clínicos, pessoas com a doença que o medicamento se propõe a curar são divididas em dois grupos. No primeiro, os pacientes recebem doses do medicamento, enquanto o segundo grupo recebe cápsulas sem nenhum composto ativo. Isso serve para verificar primeiramente quantas pessoas no grupo selecionado se curariam mesmo sem o medicamento e, também, a eficácia real do medicamen-

to pela diferença entre os curados nos dois grupos. As pessoas que se curariam mesmo sem doses do remédio, são consideradas curadas pelo efeito placebo.

O efeito placebo é observado principalmente quando a sintomática apresenta relação com o estado psíquico, ou seja, doenças que tenham relação com uma enfermidade psicológica. Uma demonstração desta relação com a fé para a cura com placebo pode ser observada avaliando os resultados de homeopatia em animais. Uma vez que estes não sabem que estão sendo tratados (seja com placebo ou fármaco) e não possuem psiquê, os resultados passam a ser objetivos e independentes de fatores psicológicos. Nestes casos, fica ainda menos clara a relação causal entre homeopatia/placebo e cura.

É o que de fato sabe-se até o momento. Muitos estudos ainda estão em andamento, o que é muito válido e necessário. Não podemos ter preconceitos sobre os temas a serem estudados. Mas a homeopatia deve ser vista com muita cautela. O professor Beny Spira da Universidade de São Paulo vai além: "A divulgação da homeopatia contribui para a difusão de um conhecimento errado, arcaico e perigoso. A ciência baseia-se na busca pela verdade, não em opiniões. A ciência não é democrática. Se a maioria das pessoas decidir que a Terra é plana, isso não fará com que ela deixe de ser uma esfera imperfeita. Da mesma forma, não votamos para decidir se um antibiótico é eficiente para o tratamento de uma determinada doença infecciosa; os testes clínicos dirão se ele funciona ou não. A homeopatia é considerada, pela grande maioria dos cientistas, uma pseudociência, e há diversos bons motivos para isso." Para saber mais, leia o texto da Natalia Pasternak Taschner, do Marcelo Takeshi Yamashita e do Beny Spira: Pseudociência na rede pública de saúde: quem paga

a conta?¹ Destacamos o seguinte trecho: "Um típico remédio homeopático está diluído 1060 vezes — o número 1 seguido por 60 zeros. Para ter uma ideia, essa diluição equivale a uma gota do princípio ativo em um recipiente com um volume muitas e muitas vezes maior que o volume do Sol!"

O significado exato de pseudociência, mesmo não sendo tão simples, se torna compreensível por meio de exemplos. Vamos considerar rapidamente o exemplo da Astronomia e Astrologia que nasceram juntas – e foram a mesma coisa durante algum tempo. Essas duas formas de conhecimento se distinguiram quando a Astronomia passou a utilizar técnicas empíricas (álgebra, instrumentos como lunetas e telescópios etc.) e a Astrologia se limitou apenas à observação e adivinha-

Disponível em: https://saude.abril.com.br/blog/ com-a-palavra/pseudociencia-na-rede-publica-desaude-quem-paga-a-conta/. Acesso em: 09 jul. 2019

ção, sem tentar entender ou descrever como as coisas funcionam, tomando assim característica de crença. Até aí tudo bem, afinal, qualquer fé deve ser respeitada. Contudo, o grande problema da Astrologia é algumas pessoas considerarem as previsões de personalidade como fatos científicos, pois ela se utiliza de termos da ciência. Veja, por exemplo:

- Alinhamento dos planetas = fato científico raro observado.
- O alinhamento dos planetas afeta os diferentes signos = utilizar-se de um fato científico para disseminar uma crença.

Como a ciência evoca no inconsciente coletivo uma ideia de verdade, a estratégia é justamente utilizar terminologias científicas, normalmente pouco utilizadas pela sociedade em geral, mas que servem para dar credibilidade àquela afirmação.

Claro, para os cientistas é necessário fazer um *mea-culpa*, já que as pseudociências aparecem quando é necessário preencher um espaço, muitas vezes causado por uma divulgação científica inexistente, ineficiente ou atrasada. Nas palavras de Carl Sagan, "a pseudociência fala às necessidades emocionais poderosas que a ciência frequentemente deixa de satisfazer. Nutre as fantasias sobre poderes pessoais que não temos e desejamos ter."

Outro exemplo citado por Sagan para descrever o pensamento das pseudociências e como a retórica² é usada para fugir das comprovações científicas, é a história do dragão na garagem: "se eu te disser que na minha garagem vive um dragão que cospe fogo, você acreditaria? Você pode ir até lá e não ver nada, então eu digo que ele é

² Retórica é a arte da eloquência, ou seja, de falar bem.

invisível. Você propõe jogar tinta no dragão para torná-lo visível, mas eu respondo que ele é um dragão incorpóreo. Que tal usar um sensor de calor para detectar o fogo? Infelizmente, digo, o fogo deste dragão é desprovido de calor. Se não há teste que comprove a existência do dragão, o que prova que ele está lá?".

Algumas pseudociências persistem no imaginário cultural por décadas, outras surgem e são desmascaradas mais rapidamente, dando lugar a outras novas pseudociências igualmente inverídicas. Assim, podemos dizer que existem certos modismos e algumas discussões que frutificam melhor em determinadas épocas devido ao seu apelo.

Há alguns anos, era uma tendência usar o nano em produtos que muitas vezes não continham nenhum composto ou propriedade em escala nanométrica. Curiosamente, essa obsessão com a nanociência e nanotec-

nologia³ por parte dos pseudocientistas, caiu em desuso e raramente nos deparamos com o termo fora do ambiente acadêmico ou da divulgação científica. Por algum motivo obscuro, o novo modismo foi atribuído aos produtos chamados "quânticos", mas este é assunto do próximo capítulo.

Nunca na história do mundo, as informações foram coletadas, armazenadas e compartilhadas de maneira tão rápida. Isso tem um lado bom, que é a quantidade enorme de informação disponível, mas o lado ruim é que grande parte desse conhecimento não se baseia em fatos científicos, ou seja, não se preocupa com o rigor e a ética presentes na construção do conhecimento da ciência.

Com a iminência do ciberespaço e também levando em consideração a sociedade cada vez mais líquida (as relações se torna-

³ Caso queira saber mais, em nosso livro anterior de tarja vermelha temos um capítulo sobre nanotecnologia.

ram mais frágeis na pós-modernidade), é fácil compreender porque as pseudociências têm se difundido tão rapidamente. Seja como *fake news* da ciência ou pseudociência, são disseminadas crenças fantasiadas de conhecimento empírico a todo instante nas redes sociais, nos aplicativos de comunicação e nos correios eletrônicos.

Mas como identificar se estamos de frente à pseudociência? Segundo Popper, uma característica da pseudociência é fazer uso de ideias que não podem ser testadas, como no exemplo do dragão. Cada vez que você propõe uma nova maneira de testar a veracidade da existência dele, um novo impedimento aparece de forma a impossibilitar este teste.

É como se um jogador de futebol, toda vez que chutasse a bola ao gol, tivesse as traves mudadas de lugar. Então, uma boa estratégia para identificar pseudociência é manter-se questionador e duvidar sempre que parecer que "a trave esteja mudando de lugar". Tome cuidado com a associação a termos científicos ou o uso inadequado do respeito que pessoas ou grupos de pessoas possuem. Cuidado redobrado com frases como "cientistas afirmam" e "estudos provam" é necessário. Pergunte/pesquise quem são esses cientistas e estudos, verifique se existem mesmo.

Um bom conhecimento de métodos científicos poderá ser necessário. Mas não se preocupe se esta ainda não for a sua praia, a simples tentativa de relacionar cada ação e a consequência de forma a serem por mero acaso, ao invés de uma rebuscada teoria que as ligue, pode ser um primeiro passo, fácil e econômico, como indica a psicóloga Helena Matute. Esta cientista mostra que programas educacionais baseados em evidências devem ser eficazes para ajudar as pessoas a detectar e reduzir suas próprias ilusões e, consequentemente, detectar pseudociência.

Há, normalmente, duas situações que propiciam a propagação de pseudociência: quando um resultado desejado acontece com frequência, ou seja, a sensação de confirmação de expectativa; e quando as pessoas não conseguem obter algo que desejam, ou seja, em momentos de frustração. Nesses casos, é comum a busca por relações místicas ou a fuga do raciocínio científico, muitas vezes dizemos "o destino não quis".

Já que estas são oportunidades que podem ser utilizadas por quem quer se aproveitar da fragilidade alheia e ganhar dinheiro fácil, sempre que estamos inclinados em acreditar em alguma ideia nova vale se perguntar se, por acaso, não estamos em uma destas situações. Lembre-se de que a pseudociência costumeiramente se aproveita da expectativa, da esperança, para entrar na vida das pessoas – então, tome cuidado sempre que algo parecer milagroso.

Vale lembrar ainda que cientistas não têm problemas (ou não devem ter) em dar respostas como: "isso eu não sei responder agora, mas posso estudar e lhe trazer uma resposta em outro momento" ou "sua afirmação está correta, eu possivelmente estava errado" ou ainda como Sagan dizia em uma de suas mais célebres descrições da questão: "Na ciência, acontece com frequência os cientistas dizerem: 'Você sabe que esse é um argumento realmente bom; minha posição está errada', e então eles realmente mudariam de ideia e você nunca mais ouviria essa antiga visão deles. Eles realmente fazem isso. Isso não acontece com a frequência que deveria, porque os cientistas são humanos e a mudança às vezes é dolorosa, mas acontece todos os dias. Não me lembro da última vez em que algo assim aconteceu na política ou na religião".

Assim, estar à frente de donos da verdade ou defensores irredutíveis de um pensamento incapaz de ser testado pode ser também um indício de pseudociência. Fique atento aos sinais e, ao persistirem as dúvidas, um cientista pode e deve ser consultado.

PARA SABER MAIS

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo, SP: Brasiliense, 1993.

MATUTE, H.; YARRITU, I.; VADILLO, M. A. Illusions of causality at the heart of pseudoscience. **British Journal of Psychology**, v. 102, p. 392, 2011

PIRULA. **O que é pseudociência?** (#Pirula 256). Disponível em: https://bit.ly/2G5r8J4. Acesso em: 01 mai. 2019

PSEUDOSCIENCE. RationalWiki. Disponível em: https://bit.ly/2zVKdJh. Acesso em: 01 mai. 2019.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.





Física Quântica: a nova vítima da pseudociência^{®1}

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas.....21
(conhecimentos sobre pseudociência e física quântica)

Reações Adversas:

Esta leitura pode te causar extrema indignação com a apropriação indébita de termos científicos.

Este conteúdo é uma adaptação do texto anteriormente publicado pelo nosso grupo em: https://bit. ly/2vtRsYo.

Indicações:

Diferente dos medicamentos encontrados na farmácia, este capítulo não precisa de receituário para aquisição. Ao identificar os sintomas em qualquer pessoa, você mesmo pode receitar este capítulo.

Responsáveis Técnicos – Autores

Gabriela Dias da Silva Michele A. Salvador Felipe C. Torres Antonio Marcelo Souza Pena Renato Dias da Cunha Cleiton D. Maciel Paula Homem-de-Mello

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Como vimos no capítulo anterior, as pseudociências se aproveitam de conceitos

ainda desconhecidos, misteriosos ou que não são adequadamente divulgados ao público geral.

Os cientistas gozam de certa confiança em nossa sociedade. Em pesquisa realizada em 2015 pelo CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – ligado ao MCTIC (Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações), os cientistas ficaram em primeiro lugar dentre os profissionais mais confiáveis, com um valor de 0,89 em um índice que varia de -1 a 1. Essa credibilidade abre brecha para que qualquer informação pareça mais confiável se iniciada com "Cientistas confirmam que..." ou "Estudos científicos apontam..." ou se nela houver termos científicos, mesmo que mal empregados, descontextualizados.

A bola da vez é a Física Quântica! A palavra "quântico" está sendo utilizada desde a venda de colchões à cura das piores en-

fermidades.

Segundo seus fabricantes/vendedores, um colchão quântico possui uma energia quântica que proporciona "sono profundo que restaura corpo e mente". Mas há como medir essa energia? Como essa energia restaura corpo e mente? Como é feito esse colchão? Quais os estudos por trás disso? Se você fizer essas perguntas a vendedores ou usuários desse tipo de colchão, provavelmente eles não saberão responder ou responderão algo que nada tem a ver com física quântica de verdade.

Essa área da física nasceu no início do século XX, da "ruptura" de uma visão de mundo baseada na física clássica. Embora tenha mais de 100 anos, essa 'nova' física se aplica ao mundo submicroscópico e, pela natureza complexa da matemática envolvida, é pouco (ou nada) explorada no ensino básico. Mas, para a pseudociência não há barreiras... *Coaching* quântico, sandálias

quânticas, terapias quânticas, curas quânticas etc. O termo vem sendo disseminado para designar diversas maneiras de enganar a população e lucrar com um conceito científico, fazendo emergir, assim, diversas pequenas pseudociências.

A compreensão da física quântica exige diversos formalismos e notações matemáticas, como cálculo diferencial e integral, álgebra linear, geometria analítica... Portanto, não faz parte do nosso objetivo esclarecer todas as dúvidas sobre essa teoria aqui, pois isso exigiria um curso específico. Mas almejamos desmistificar esse universo e classificar o que de fato é física quântica e o que não pode entrar nessa classificação, por definição. Você também encontrará alguns *links* com materiais de apoio ao final deste capítulo, caso queira se aprofundar um pouquinho no assunto.

Essa nova forma de compreender os fenômenos da natureza possui, como toda e qualquer teoria, um conjunto de regras ou leis, sistematizadas, aplicadas a uma área específica (compreensão da matéria e suas interações com a luz). Dessa forma, a apropriação de termos contidos nesse conjunto de conhecimento, não garantem por si só a participação nessa teoria nem a validade do que está sendo proposto.

Abreviadamente, pode-se dizer que a física quântica surgiu como alternativa às limitações da mecânica clássica (baseada nas equações de Newton e nas equações de Maxwell para o eletromagnetismo) em descrever observações experimentais. Você se lembra de quando ouviu na sala de aula que a matéria é formada por átomos, que, por sua vez, são formados por um núcleo (com prótons e nêutrons) e por elétrons? Um dos modelos, criado por Bohr, propõe que os elétrons giram em torno dos núcleos em "órbitas" circulares, e quando esses elétrons ganham ou perdem energia eles

mudam de "órbita".

Segundo Max Planck, a essas órbitas são associados valores de energia e a quantidade de energia que é absorvida ou emitida pelo elétron não pode ter qualquer valor, mas tem que ser exatamente a diferença de energia entre as órbitas. A essa quantidade de energia que o elétron recebe ou emite em uma transição ele chamou de *quantum* (cujo plural é *quanta*).

Esse modelo foi aprimorado por outros cientistas, como Bohr, Planck, de Broglie, Schrödinger, Dirac, Heisenberg, Einstein e outros, chegando ao conceito de orbitais, que são regiões onde podemos encontrar o elétron. Esses cientistas formularam o que chamamos hoje de bases da Mecânica Quântica.

A ideia da quantização dos valores de energia associados aos orbitais atômicos e à quantidade de energia que os elétrons podiam absorver ou emitir era revolucionária e bastante controversa, para a época. Ao mesmo tempo, surgiam novas teorias para explicar fenômenos observados neste campo que utilizavam ferramentas da estatística e probabilidade. O próprio Einstein se sentia desconfortável com essas ideias probabilísticas, embora tenha utilizado as ideias de Bohr e Planck sobre a quantização para seus próprios trabalhos.

Naquele momento da história da ciência, algo era muito claro para todos: as leis que valem para o nosso cotidiano (que chamamos mundo macroscópico) muitas vezes **não valem** quando vamos analisar coisas da escala do átomo. E mais: em escala atômica acontecem fenômenos muito estranhos! Para descrever esses fenômenos, os próprios cientistas usavam termos incomuns como "função de onda", "densidade de probabilidade", "princípio da incerteza". Assim nasceu a chamada teoria quântica

(por causa do termo quantum, utilizado por Bohr e Planck), o seu desenvolvimento na forma que os físicos conhecem hoje levou décadas e muitos fenômenos ainda não foram completamente esclarecidos.

Para entender como se iniciou o fenômeno cultural do misticismo quântico, precisamos voltar um pouquinho no tempo para compreender os aspectos históricos e sociais que serviram de pano de fundo dessa transformação. Nos Estados Unidos, a contracultura hippie, nos anos 60 e 70, abriu espaço para questionamentos que em nenhuma outra época foram tão relevantes. Em adição, a crise econômica da época levou físicos formados nas melhores instituições de ensino a assumirem posições em instituições menos conservadoras e renomadas, e também buscarem financiamentos de pesquisa não convencionais. Por exemplo, certos empresários excêntricos e a CIA (Central Intelligence Agency, ou

Agência Central de Inteligência) financiavam a exploração por explicações dentro da mecânica quântica para percepção extrassensorial (ESP)².

Embora esse período tenha sido muito frutífero academicamente, por permitir uma investigação menos preconceituosa de fenômenos observados e, por consequência, um grande avanço científico, por outro lado ela também deu espaço para um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental, que teve seu marco em 1975 com a publicação do livro *O tao da física*, escrito por Fritjof Capra, um físico teórico. O livro de Capra ainda continha uma descrição minimamente científica dos conceitos da física, embora os paralelos com o misticismo

² Também chamada Psi-Gamma (PG), em parapsicologia, é a suposta habilidade de certos indivíduos, chamados "sensitivos" ou "psíquicos", para perceber fenômenos e objetos independentemente de seus órgãos sensoriais.

sejam duvidosos.

Essa correlação abriu espaço para que Deepak Chopra, um endocrinologista indiano, publicasse A cura quântica, em 1989. Neste último, algumas analogias e termos da mecânica quântica são utilizados para alicerçar uma discussão com cunho mais espiritual, baseada em uma linguagem de autoajuda. No mesmo ano, Chopra foi o ganhador do Ig-nobel da física (uma premiação de "humor científico", muito diferente do prêmio Nobel) por sua interpretação, digamos, 'alternativa' sobre mecânica quântica e como ela se aplica à vida, à liberdade e à busca da felicidade econômica.

Com um apelo prático e uma tentativa de afirmação científica, essas duas obras se tornaram *best-sellers*, foram traduzidas em diversos idiomas, publicadas e distribuídas em vários países. Outros autores, sem formação científica específica e inspirados

nessa tendência, ganharam o mercado com obras que popularizaram esse novo coletivo de pensamento.

Como dito anteriormente, a popularização de conceitos científicos impede ou dificulta a proliferação de pseudociências por oferecem uma base material observável mais sólida, certo? Infelizmente, a resposta é: nem sempre! Quando pensamos em mecânica clássica, seja um bloco no plano inclinado, a balística de um canhão e o ângulo para atingir o alvo, ou a interação gravitacional entre dois corpos, conseguimos enxergar os sistemas ou fazer medições e entender sua evolução temporal, sem que a observação afete o experimento.

Mesmo que o experimento ou sua medição se dê às vezes de maneira mais complexa, quem está aprendendo já tem a teoria lógico-matemática que aprendeu durante a vida e pode ser aplicada a estas interpretações. Já quando partimos para a dimensão submicroscópica, precisa haver um aprendizado de um novo formalismo matemático, ou seja, praticamente uma língua nova para continuar seus estudos, caso contrário, é bem provável cairmos em um conjunto de analogias falsas que nos leva a interpretações alternativas (e equivocadas) da teoria.

Quer outro exemplo assustador? Um autor que seguiu essa linha e vem publicando diversos best-sellers é Amit Goswani, professor aposentado do Departamento de Física da Universidade do Oregon (Estados Unidos) e que, após anos dedicados à pesquisa acadêmica e ao ensino, passou a se dedicar ao que ele mesmo descreve como "Ciência e Consciência". Publicou títulos como A física da alma e O ativista quântico.

O que muitos desses autores e diversos "divulgadores" que os têm como referência fazem é se apropriar de termos específicos que descrevem fenômenos em escala subatômica, mas não têm sentido nenhum no mundo macroscópico, e dar-lhes uma aura de misticismo.

Um dos conceitos mais importantes da mecânica quântica é a dualidade onda--partícula, que descreve o comportamento da luz e da matéria como onda ou como partícula, dependendo do experimento.

Dois experimentos que evidenciam essa diferença de comportamento são o efeito fotoelétrico, no qual se observa o comportamento da luz como partícula, e o experimento de dupla fenda, no qual um feixe de luz (ou de elétrons), ao passar por um anteparo com duas fendas, sofre difração e forma um padrão específico, que evidencia o comportamento da luz (e dos elétrons!) como onda.

Esse mesmo princípio, o do comportamento dual onda *versus* partícula, pode ser expandido para a compreensão de partículas materiais pela equação de *de Broglie,* que define a relação entre momento linear (massa x velocidade) e comprimento de onda através da constante de Planck.

Embora possa ser aplicada a toda a matéria, o comprimento de onda decorrente dessa relação é tão pequeno para os corpos macroscópicos, a ponto de ser impossível perceber características ondulatórias fora da escala molecular. Assim, a teoria quântica **não** pode ser estendida a corpos macroscópicos como pessoas, chinelos, colchões...

O termo "função de onda" é uma ferramenta puramente matemática que é utilizada nas equações para descrever características de sistemas quânticos como posição, velocidade, energia, etc. Os adeptos do misticismo quântico, no entanto, atribuem a ela um tipo de "frequência", "vibração" ou termo equivalente, que teria influência em suas ações e seus pensamentos.

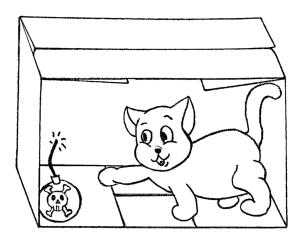
Calcular matematicamente o quadra-

do da função de onda de um elétron resulta na probabilidade de encontrar esse elétron em uma determinada região do espaço. Pronto, "probabilidade", mais um termo que os místicos adoram! Atribuem a esse resultado matemático propriedades como influenciar suas decisões pessoais.

Você já ouviu falar do "gato de Schrödinger"? É um experimento mental no qual um gato está preso em uma caixa lacrada junto com um dispositivo que pode liberar um veneno mortal. A probabilidade desse dispositivo se autoacionar é a mesma de não ser acionado. Imagine que a única forma de saber se o gato está vivo é abrindo a caixa. Enquanto a caixa está fechada, há 50% de chance de o gato estar vivo e 50% de chance de estar morto, ou seja, a mesma probabilidade de o veneno ter sido liberado ou não. Para este experimento mental, dizemos que há uma "superposição de estados", que o gato está ao mesmo

tempo vivo e morto.

Ao abrir a caixa, se encontrar o gato morto, por exemplo, não é possível garantir que ele já estava morto antes de abri-la. O observador interfere no sistema, e provoca o que chamamos de "colapso da função de onda", pois se o sistema possuía dois estados superpostos (gato vivo + gato morto), ao abrir a caixa, passa a ter apenas um estado (gato vivo **ou** gato morto).



Esse experimento parece estranho? No mundo subatômico ele faz todo sentido. Ao medir a posição e a velocidade de uma partícula subatômica, o observador interfere no seu estado. É o que chamamos de "princípio da incerteza": não é possível medir com grande precisão e ao mesmo tempo essas duas grandezas.

Inapropriadamente, esse termo é utilizado para sugerir que o universo é uma incerteza e que podemos atrair para as nossas vidas aquilo que desejamos, uma vez que o futuro é uma realidade completamente abstrata e que interferimos no "colapso da função de onda" com a nossa ação.

Não podemos garantir à luz da ciência que a mente tenha esse poder. Para isso, precisamos de inúmeros testes, validação de experimentos, criação de hipóteses, desenvolvimento de teorias e, o mais importante: interesse científico aliado à metodologia adequada. Mas podemos afirmar

categoricamente que a mecânica quântica, por definição, não descreve esse fenômeno.

Sabemos que a ciência não é uma verdade absoluta e fechada a novos fatos e esclarecimentos. Pode ser que no futuro, o acesso a novas informações mude a nossa interpretação e compreensão da matéria. Porém, algo nesse caminho não pode se perder: a metodologia científica! O conjunto de métodos e processos pelos quais uma teoria é verificada e validada ou refutada. Sem isso, é impossível separar o que é fato do que é intuição, o que é ciência do que é pseudociência.

PARA SABER MAIS

ARAÚJO, G. D. O gato de Schrödinger. Disponível em: http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2014-1%20 SFI5774%20Mecanicaquantica/Seminario%20-%20Guilherme%20-%20Gato%20de%20Schr %F6dinger.pdf. Acesso em: 30 abr. 2019.

BEZERRA, D.; ORSI, C. **Pura picaretagem**: como livros de esoterismo e autoajuda distorcem a ciência para te enganar. Saiba como não cair em armadilhas! São Paulo: Leya, 2013.

FREIRE JÚNIOR, O.; PESSOA JÚNIOR, O.; BROMBERG, J.L. **Teoria quântica**: estudos históricos e implicações culturais. Vol. 1. Edição e

coedição EDUEPB (Campina Grande/PB) Livraria da Física (São Paulo/SP). 2011. Disponível em: htt-ps://bit.ly/2NCQp2U. Acesso em: 29 abr. 2019.

PESSOA JUNIOR, O. **Conceitos de física quântica**. Vol. 1. 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.





Pequena notável: teia de aranha, material superpoderoso[®]

COMPOSIÇÃO

Esse capítulo contém:
Páginas.....13
(conhecimentos sobre aranhas, proteínas, materiais)

Indicações:

Este capítulo é indicado aos pretendentes a super-herói!

Contraindicações:

Capítulo contraindicado para quem sofre de aracnofobia.

Efeitos colaterais:

Apaixonar-se pelos prodigiosos insetos e seus superpoderes!

Responsáveis Técnicos – Autores

Patricia V. B. Santiago Camilo A. Angelucci Janaina Souza-Garcia

INFORMAÇÕES AOS CURIOSOS

Este livro foi escrito enquanto aguardávamos o lançamento de Vingadores Ultimato.¹ Por isso, pensamos que seria interessante falar um pouco sobre superpoderes. Quem nunca quis ter um superpoder? Qual é o seu superpoder preferido? Todo mun-

É bem provável que no momento que estiver lendo, esta ansiedade não faça mais sentido, mas garanto que é a sensação que sentimos entre Vingadores
 Guerra Infinita e seus 365 dias de espera para a conclusão da saga!

do já sonhou em ter algum superpoder e, como mencionamos nos últimos dois capítulos, essa vontade é o que nos faz acreditar em pseudociências.

Se você reparar bem, vários super-heróis que fazem parte da equipe dos Vingadores, possuem como fonte de seu super-poder um adereço produzido a partir de um supermaterial. Thor possui um martelo feito a partir de *Uru*, mineral místico, e forjado por deuses no coração de uma estrela. Capitão América possui um escudo formado por uma liga de *vibranium* e *adamantium*, mais poderosa que qualquer outra liga metálica.

Ambos possuem superpoderes relacionados a materiais fictícios, bem diferente do que acontece com o Homem-Aranha! É, nosso pequeno, porém notável super-herói possui poderes baseados não em ficção, mas sim nas aranhas que habitam nosso belo planeta. Então, aqui falaremos do que de fato tem de ciência por trás desse 'superpoder'.

As aranhas são realmente animais extraordinários. Existem cerca de 30.000 espécies de aranhas conhecidas e somente cerca de 30 espécies são consideradas peçonhentas, ou seja, possuem veneno e podem afetar a saúde humana.

Além da habilidade de algumas espécies de produzirem veneno, as aranhas possuem o superpoder da sensibilidade! Elas possuem pelos distribuídos por seu corpo ligados a um intenso sistema nervoso que permite que estes animais possam "sentir" a chegada da presa ou inimigo antes mesmo que esteja em seu campo de visão, dando a eles um "sexto sentido". No Homem-Aranha, esta habilidade é descrita como "sentido aranha". Elas também possuem setas, ou pêlos especiais espalhados por seu corpo, que permitem que a aranha tenha aderência às diferentes superfícies e assim consiga escalar paredes.

Tudo isto é muito incrível, porém não se compara ao seu superpoder de produzir as teias de aranha! E são diferentes tipos de teias: teias para captura de insetos, para armazenamento de seus ovos ou, então, para servir como seu ninho de amor. Para cada tipo de teia a ser produzida, a composição química do material utilizado também é modificada.

As aranhas produzem suas teias a partir de glândulas sericígenas situadas em seu abdômen. Nestas glândulas, um material líquido constituído de proteínas² é produzido e então expelido pelas fiandeiras, pequenos tubinhos por onde o material é excretado e tem sua espessura ajustada com

² Proteínas são macromoléculas constituídas por um ou mais aminoácidos. Os aminoácidos são compostos de carbono que possuem várias funções no nosso organismo. Falamos sobre eles no livro anterior Contém Química! A leitura deste livro pode causar dependência.

ajuda de pelos auxiliares situados na parte baixa do abdômen do animal.

Enquanto passa pelas fiandeiras, o material proteico sofre mudança dependendo do valor de pH³ e pressão fazendo com que os aminoácidos se unam formando biofilamentos. Uma vez que estas longas cadeias de proteína líquida entram em contato com o ar atmosférico, elas se solidificam dando origem à seda da aranha que será utilizada para construir sua teia.

O polipeptídio⁴ produzido pela aranha é composto principalmente por alanina e glicina⁵ e faz parte do mesmo grupo de proteínas poliméricas que o colágeno (responsável

³ pH é uma medida da acidez do meio. Em outras palavras, uma medida da concentração de íons H⁺ em solução.

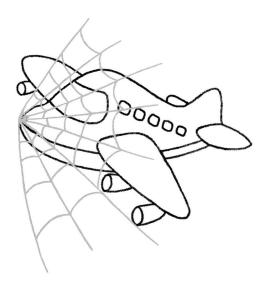
⁴ Um peptídeo é uma molécula formada por dois ou mais aminoácidos. São pedacinhos menores de proteínas. Também falamos sobre eles em outro livro da série Contém Química.

⁵ Alanina e glicina são dois aminoácidos.

pela composição das articulações) e a queratina (formadora de estruturas como cabelo e unha). Dependendo da utilidade da teia a ser construída, a sequência dos aminoácidos é alterada de modo que o material formado apresentará maior ou menor resistência mecânica, aderência para captura de insetos ou suporte à tensão para construção das estruturas centrais da teia de aranha.

Tanto alanina como glicina são aminoácidos de pequena cadeia com um grupo amina em uma ponta e um grupo carboxílico na outra ponta. Estas regiões da cadeia permitem a acomodação das moléculas por ligação de hidrogênio formando hélices que se agrupam em folhas paralelas bem cristalinas. É graças a esta estrutura em forma de hélice que a teia possui grande resistência à tensão.

Apesar de muito finas (os fios da seda da aranha são em média 30 vezes mais finos que um fio de cabelo) as teias podem ser estiradas em até 2 ou 4 vezes seu comprimento. Especialistas acreditam que uma teia de aranha com fios na espessura de um lápis teria força suficiente para segurar um Boeing 747 em pleno voo!



O uso da seda de aranha tem sido idealizado para a elaboração de tecidos especiais para uso das forças armadas por sua força, resistência e leveza. As características mecânicas das teias de aranha são tão impressionantes que a tornam um material mais eficiente que o Kevlar^{®6}, por exemplo. Para se ter uma ideia da excepcional força que uma teia de aranha tem, o Kevlar é utilizado na confecção de coletes a prova de bala é até cinco vezes mais forte que o aço em peso e pode ser esticado cerca de duas vezes mais que o nylon[®].

A seda da aranha também não sofre com ataque por fungos ou bactérias, já que em sua composição possui compostos como pirolidina, fosfato de potássio e nitrato de potássio que as protegem contra estes decompositores.

⁶ Kevlar® é o polímero utilizado em coletes à prova de balas! O livro anterior, Contém química: a leitura deste livro pode causar dependência, tem um capítulo sobre polímeros, no qual falamos um pouco sobre Kevlar® e Nylon®.

Todas estas características fazem com que o uso da teia de aranha se torne interessante também na área médica para a produção de material de sutura. Mas a grande questão é: como reproduzir a teia de aranha?

Pesquisadores têm trabalhado duro neste sentido. Diferentemente dos bichos da seda, animais que produzem a seda tradicional em larga escala no mundo todo, as aranhas não podem ser cultivadas em colônias, uma vez que possuem o 'péssimo' hábito de comerem umas às outras. No caso das aranhas, também não é possível realizar a ordenha de sua seda como acontece na reprodução da seda tradicional. O volume de seda produzido nas glândulas das aranhas também é baixo em comparação aos bichos da seda. Nestes animas, cerca de 80% do volume de seu corpo é composto por material que serve de matéria--prima para a produção da seda.

Tendo estas dificuldades em vista, alguns caminhos estão sendo desenvolvidos

por centros de pesquisa e indústrias. Uma alternativa interessante é a produção da seda da aranha por culturas de bactérias. Algumas bactérias como a *Escherichia Coli* possuem a capacidade de sintetizar um grande volume de proteínas. Por meio de modificações nas condições de desenvolvimento desta bactéria, foi possível modificar o metabolismo destes microrganismos de forma que eles puderam sintetizar a seda da aranha. Cerca de um quilômetro de fios de seda de aranha foi produzido a partir de 1 litro de cultura de *E. Coli*.

Uma outra alternativa que tem sido explorada por empresas de biotecnologia é a produção da seda de aranha a partir de modificações genéticas no bicho da seda tradicional. Pesquisadores identificaram a sequência genética responsável por controlar as glândulas da aranha para produção de sua seda. Os bichos da seda possuem glândulas de mesma origem das aranhas e, por meio da inserção de modificação em seu

código genético, pesquisadores conseguiram que este animal produzisse a seda da aranha ao invés da seda tradicional. Este é um processo bastante promissor já que permitiria a produção em larga escala da seda de aranha num custo comercial razoável.

Bom, aparentemente não há expectativa de que possamos ter o mesmo poder de lançar a partir de nossos punhos este supermaterial que é a teia de aranha como nosso amigo Homem-Aranha.

No entanto, em breve, devemos ter este supermaterial nos concedendo seus superpoderes em trajes a prova de balas, suturas médicas especiais e em estruturas especiais de engenharia. Vamos ver o que o futuro nos reservará, pois como disse Ben Parker, tio do Peter Parker (alter ego do Homem-Aranha): "com grandes poderes vêm grandes responsabilidades".

PARA SABER MAIS

VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. O. Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, v. 26, p. 29, 2007.

FILHO, O. S.; FOROSTECKI L. Os químicos ocultos e sua extraordinária jornada ao mundo dos átomos. **Química Nova**, v. 37, p.186, 2014.

FIGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 38, 2004.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, v. 16, p. 21, 2002.

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS – UNIVESP TV. **Partículas Elementares.** Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s. Acesso em: 15 abr. 2016.



A coleção 0 que é ser Cientista? foi concebida com o intuito de divulgar a ciência e estimular estudantes para essa profissão.

A coleção é composta por obras de diversas temáticas e busca mostrar, por meio de linguagem clara e acessível, experimentos, aplicações, desafios e áreas de atuação para o cientista.

