

Universidade Federal de Santa Maria
Coordenadoria Acadêmica
Cachoeira do Sul

Aquecimento por Micro-ondas



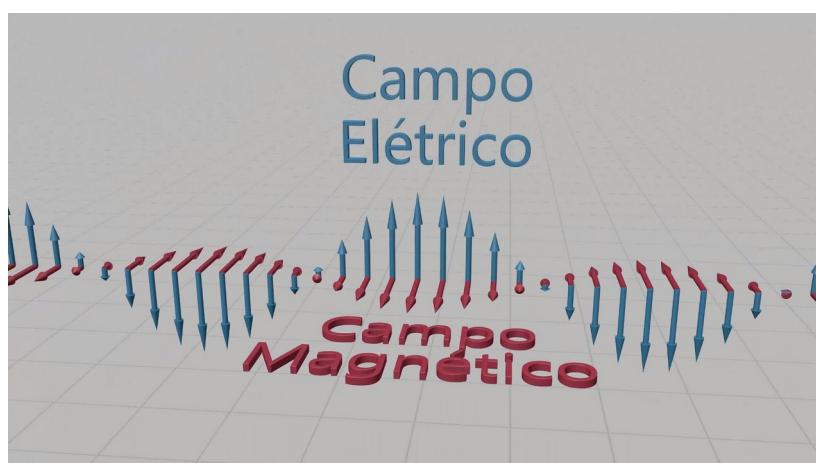
Cachoeira do Sul, RS, Brasil
2022

Aquecimento por micro-ondas

O forno de micro-ondas é um equipamento de uso diário para muitos, especialmente pela sua praticidade. No entanto, alguns preferem não utilizar, muitas vezes por não entender sobre seu funcionamento e o receio quanto a possíveis riscos à saúde. A aplicação das micro-ondas em alimentos foi descoberta por acaso em 1945 por Percy Spencer. Ele fazia testes com uma peça geradora de micro-ondas, o magnetron, utilizado na época principalmente em equipamentos de radar, quando uma barra de doce de amendoim começou a derreter em seu bolso. Mas por que isso aconteceu?

O processo físico em que se baseia o funcionamento do forno micro-ondas é um processo diferente do que acontece em outros fornos tradicionais, nos quais a fonte de energia que aquece os alimentos geralmente é um filamento percorrido por uma corrente elétrica (forno elétrico) ou uma chama (forno a gás). Fornos de micro-ondas aquecem os alimentos através da interação de micro-ondas geradas pelo aparelho com moléculas bipolares (como as da água) que estão nos alimentos, em um processo chamado de aquecimento dielétrico, que será discutido na sequência.

As micro-ondas são um tipo de onda eletromagnética. Uma característica comum em qualquer tipo de onda é que a intensidade de uma grandeza física varia, alternando entre valores máximos e mínimos ao longo do espaço e com o passar do tempo. É o que acontece, por exemplo, quando alguém agita uma corda para cima e para baixo, gerando pulsos de onda que se propagam ao longo dela. A posição vertical (que é a grandeza física variável em questão) de cada pedaço da corda oscila verticalmente para os diferentes pedaços ao longo da corda e para cada pedaço à medida que o tempo passa. No caso das ondas eletromagnéticas, há duas grandezas físicas cujas intensidades variam: os campos elétrico e magnético. A animação abaixo ilustra como estes campos alternam perpendicularmente seus sentidos enquanto se propagam no espaço com velocidade igual à da luz, constituindo uma onda eletromagnética.



[Clique aqui para ver a animação.](#)

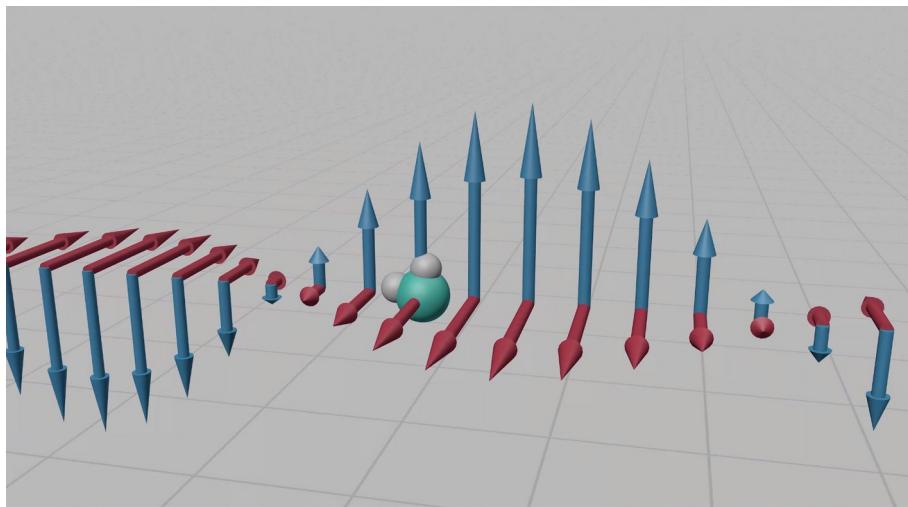
Não são apenas as micro-ondas que se classificam como ondas eletromagnéticas. A própria luz visível, a radiação ultravioleta, os raios-X, as ondas de rádio e a radiação infravermelha também são. Estes nomes diferentes para as ondas eletromagnéticas existem pois, embora se trate de algo de mesma natureza, ondas eletromagnéticas com frequências diferentes têm comportamentos diferentes em vários aspectos. Basta perceber que os raios-X nos permitem obter imagens do interior do corpo humano, enquanto as infravermelhas são as que sentimos aquecer nossa pele quando estamos próximos a uma fogueira.

A frequência de uma onda, seja ela eletromagnética ou não, pode ser entendida como a quantidade de vezes em que, no intervalo de um segundo, o comportamento da grandeza física cuja intensidade oscila se repete em uma posição. No caso da corda, pode-se contar quantas vezes por segundo acontece de um pedaço específico da corda estar na posição mais alta possível. É o mesmo que, para alguém que esteja na outra extremidade da corda, contar quantos pulsos de onda chegam até si por segundo. A distância entre dois pulsos consecutivos (chamada de comprimento de onda) diminui com o aumento da frequência, considerando que a velocidade de propagação dos pulsos não muda. Quanto maior a frequência (ou menor comprimento de onda), maior é a energia que ela transporta.

Um último detalhe é importante de se saber para o entendimento do aquecimento dielétrico: como moléculas bipolares se comportam na presença de um campo elétrico. Um experimento muito interessante de se fazer em casa é o de curvar um fio fino de água que desce pela torneira de uma cozinha. Ao eletrizar uma caneta com estrutura de plástico com carga elétrica negativa, esfregando-a nos cabelos ou em um tecido de lã, e aproximar do fio de água, percebe-se que o fio é atraído pela caneta. Acontece que a molécula de água é dita bipolar porque, devido à sua estrutura, o centro da distribuição de cargas elétricas negativas (associada ao elétrons) da molécula não coincide com o das cargas positivas (associada prótons dos núcleos). Então, na presença do campo elétrico associado à caneta eletrizada, cada molécula de água vai rotacionar de modo que seu lado mais positivo fique voltado para a caneta negativamente carregada. A molécula da água, então, é atraída em direção a caneta, pois a força de atração das cargas elétricas opostas predomina, uma vez que o lado negativo da molécula de água (que é repelido pela caneta) está mais afastado da caneta.

A rotação das moléculas de água por conta do campo elétrico não acontece somente se a água estiver caindo da torneira. Movimentar a caneta eletrizada de um lado para o outro de um copo contendo água muda a orientação do campo elétrico no interior do copo que, se for suficientemente intenso, fará com que moléculas de água ali contidas girem de um lado para outro, acompanhando o movimento da caneta. Ao movimentar-se dessa maneira, a molécula de água adquire energia, interage com as moléculas da sua vizinhança, transmitindo energia para o meio em que está. Esse

aumento da energia interna provocará o aumento da temperatura. Claro que a quantidade de energia transferida através do experimento da caneta não será suficiente para provocar um aumento perceptível na temperatura. É nesse momento que o campo elétrico oscilatório da onda eletromagnética tem sua participação destaque. Em vez de ficar oscilando um objeto eletrizado de um lado para o outro de um copo de água ou algum alimento (praticamente todo alimento possui moléculas de água ou outras moléculas bipolares) para fazer com que haja um campo elétrico oscilatório no alimento, basta fazer incidir sobre ele ondas eletromagnéticas. A frequência de oscilação das ondas de micro-ondas geradas nos aparelhos convencionais é de 2,45 GHz. Isso significa que o campo elétrico muda de sentido aproximadamente uma vez a cada 0,0000000002 segundo. A animação abaixo ilustra de maneira simplificada o comportamento da molécula de água (fora de escala) na passagem da onda eletromagnética.



[Clique aqui para ver a animação.](#)

A princípio, ondas eletromagnéticas de qualquer frequência poderiam ser utilizadas para aquecer os alimentos via aquecimento dielétrico, mas há alguns motivos pelos quais as ondas do tipo micro-ondas são preferíveis. Ondas com menor frequência podem não ter energia suficiente para gerar o efeito desejado. Talvez, as radiações mais energéticas fossem uma escolha melhor do que as de micro-ondas. Mas, para as radiações de frequências muito altas, o aquecimento dielétrico é menos eficiente, uma vez que ele só acontece se a molécula bipolar conseguir acompanhar, mesmo que parcialmente, a orientação alternada do campo elétrico da onda. Se o campo elétrico muda de sentido muito rapidamente, a inércia da molécula e sua interação com as moléculas vizinhas impede que a energia da onda seja absorvida, e o alimento acaba sendo transparente para a maior parte da radiação que incide nele. As micro-ondas têm vantagem neste aspecto pois ainda permitem que o aquecimento aconteça em partes do interior do alimento ao penetrar alguns centímetros antes de serem absorvidas. Além disso, ondas eletromagnéticas com frequências a partir

da ultravioleta são chamadas de radiação ionizante, pois têm energia suficiente para remover elétrons de átomos. É indesejado possuir um aparelho que produza esse tipo de radiação em casa pois, esse tipo de fenômeno, quando ocorre em células, pode provocar danos fisiológicos. É comum que algumas pessoas condenem o uso do micro-ondas por este motivo, mas é importante lembrar que a radiação micro-ondas não é ionizante e, portanto, não há risco deste tipo de ocorrência.

No entanto, alguns cuidados são especialmente importantes para o uso seguro dos aparelhos de micro-ondas. O aquecimento de água pura é um deles. Quando o aquecimento de água é feito em um recipiente sobre uma chama de um fogão a gás, a chama aquece principalmente a parte inferior do recipiente. No instante em que porções de água do fundo atingem a temperatura de ebulição formam-se bolhas de vapor que sobem, gerando, junto com movimentos de convecção, pequenas agitações no conteúdo de água. Essas agitações são importantes pois a mudança de fase de estado líquido para vapor pode não iniciar caso não haja alguma impureza ou agitação na água, mesmo que ela tenha recebido energia suficiente para a mudança de fase. Este fenômeno é conhecido como superaquecimento. A maneira como as micro-ondas aquecem a água favorece que esse estado instável de líquido superaquecido seja atingido pela água, de maneira que há grandes chances de que ocorra uma fervura abrupta ao se movimentar o recipiente para retirá-lo do micro-ondas ou quando se insere uma colher no mesmo. Para evitar o risco de superaquecimento, deve-se limitar o tempo de aquecimento no micro-ondas levando em conta a quantidade de líquido, a temperatura da água e a potência do micro-ondas. Outra maneira é inserir um objeto não metálico junto com a água, como um utensílio de madeira, pois as rugosidades em sua superfície facilitarão a mudança de fase do líquido antes que o estado superaquecido aconteça (não impedirá a fervura, mas, se ela vier a acontecer, não será repentina).

Metais não devem ser inseridos dentro do forno micro-ondas. As paredes dos fornos micro-ondas são metálicas pois os metais são bons refletores das micro-ondas. A própria porta do micro-ondas possui uma tela metálica que garante a reflexão das micro-ondas, enquanto permite a passagem da luz (isso é possível pois o comprimento de onda da luz visível é menor). As ondas eletromagnéticas podem induzir correntes elétricas no metal e, dependendo da forma e espessura desse metal, podem acontecer pequenas rupturas do mesmo e arcos de corrente elétrica no ar, provocando faíscas capazes de gerar um princípio de incêndio.

Nunca utilize um equipamento danificado e nem manipule ou acione suas peças isoladas de maneira leiga. Embora a radiação emitida pelo micro-ondas seja não-ionizante, a alta potência dessas ondas emitidas pelo magnetron pode provocar queimaduras nos tecidos do corpo humano da mesma maneira que acontece com os alimentos no interior do micro-ondas. Os olhos são especialmente sensíveis neste caso. É por isso que as paredes e porta do aparelho têm revestimento metálico e há um sistema de segurança que impede que o aparelho funcione com a porta aberta.

Então, desmontar o aparelho e acionar o magnetron é algo que nunca deve ser feito. Além disso, em alguns magnetrons há uma peça similar a uma cerâmica, feita de óxido de berílio, que é um ótimo isolante elétrico e condutor térmico. Esse material, quando inalado, é altamente tóxico. Mas sua inalação só poderá acontecer se eventualmente essa peça for fragmentada com o aparelho desmontado.

Referências:

- <https://rhapsodyinbooks.wordpress.com/2009/01/24/january-24-1950-patent-issued-for-the-microwave-oven/>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Waves/mwoven.html#c1>
- <http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/superaquec/sa.html>
- Physics of the microwave oven, Michael Vollmer 2004 Phys. Educ. 39 74