

Interação de campos eletromagnéticos com tecidos vivos

Algumas considerações físico- químicas e biológicas

Osorio Chagas Meirelles

B.Sc. M.Sc., Ph.D, Prof. Adj.

Outubro de 2011

Índice

- Introdução
- Interações com substâncias puras
- Interações com tecidos vivos
- Efeitos patogênicos
- Recomendações

Introdução

- Até o presente não existe um modelo unificado capaz de descrever, em termos microscópicos, as interações dos campos eletromagnéticos com tecidos vivos, abrangendo todo o espectro de emissões. Tal limitação decorre principalmente da grande complexidade estrutural de qualquer tecido vivo constituído por átomos ionizados, pequenas e grandes moléculas, micro agregados, células, vasos sanguíneos e linfáticos, etc.

Introdução

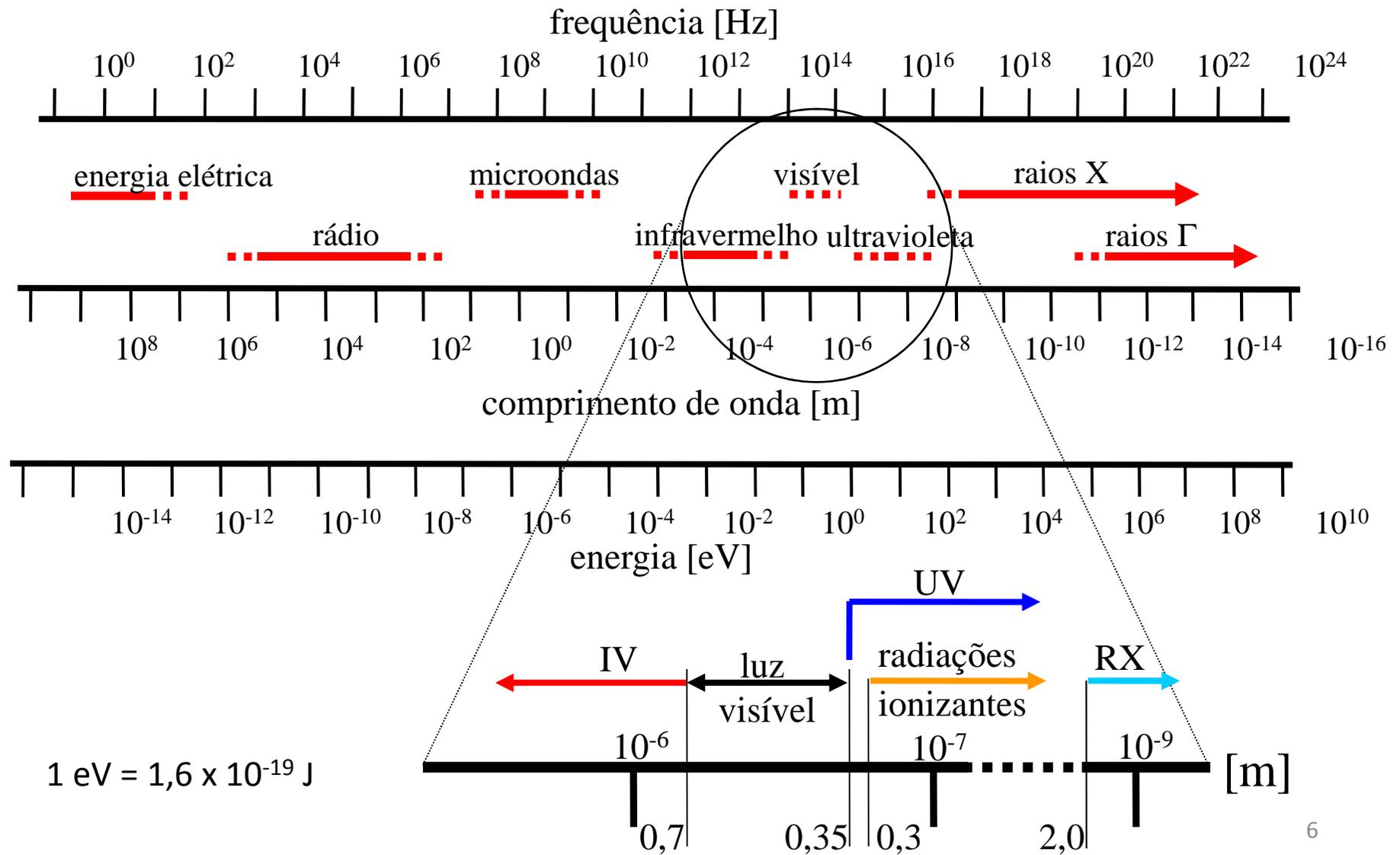
- Ainda que certos mecanismos primários de interação dos campos eletromagnéticos monocromáticos ou de espectro estreito, com átomos e moléculas de substâncias puras, amorfas ou cristalinas, sejam razoavelmente bem conhecidas, os efeitos desses acoplamentos, quando aplicados a tecidos vivos, são obscuros e, em muitos casos, ainda pertencem ao domínio das conjecturas e hipóteses científicas.

Introdução

- A figura 1 apresenta o espectro de radiações eletromagnéticas em termos de comprimento de onda, frequência e energia.

Figura 1

Espectro das radiações eletromagnéticas no vácuo

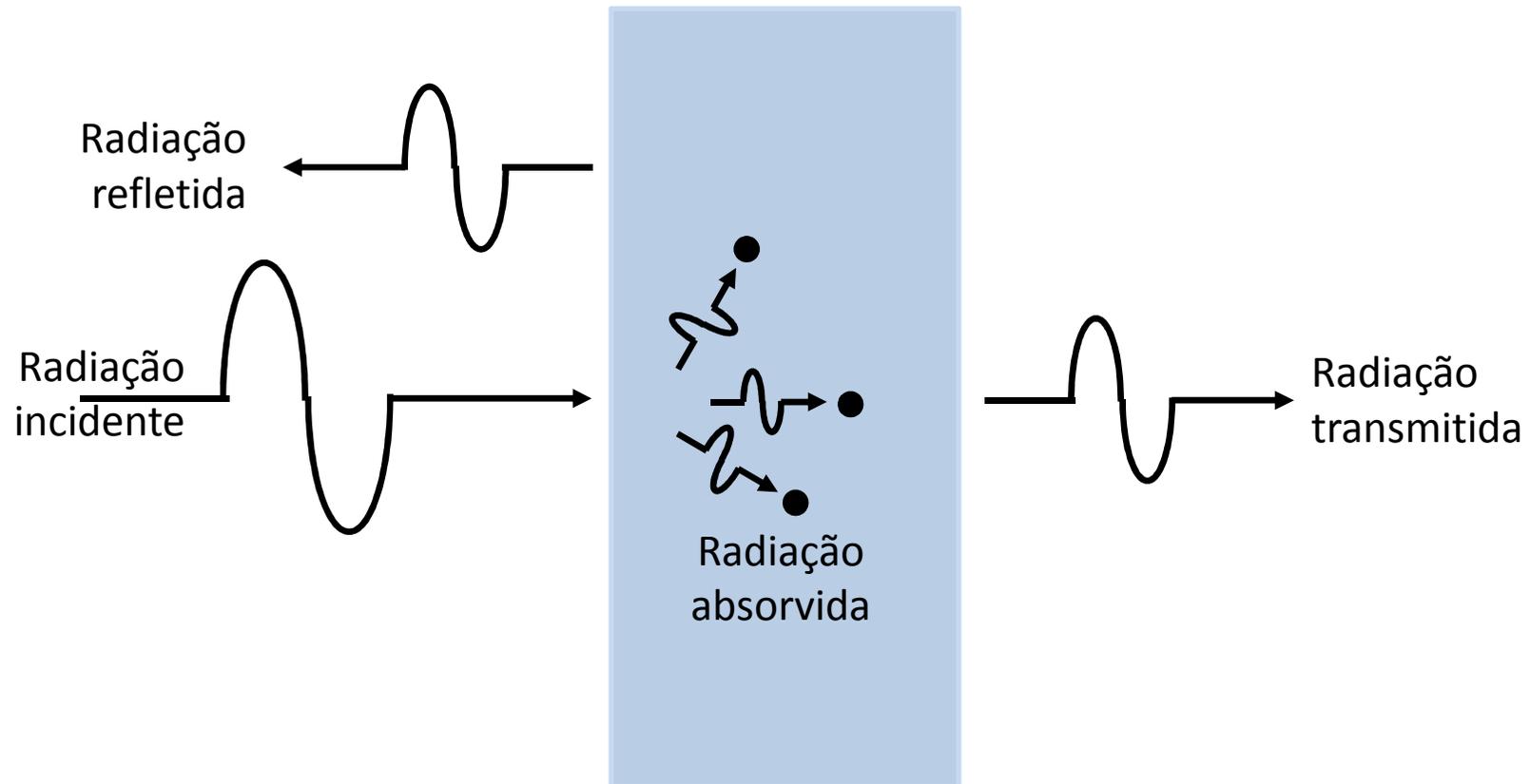


Interações com substâncias puras

- Quando uma onda eletromagnética incide sobre um corpo inanimado, ocorre absorção, reflexão e transmissão. A soma das energias desses processos é igual à energia incidente. As proporções de cada uma dependem essencialmente do comprimento de onda, da matéria alvo, da temperatura, e de outros fatores de menor relevância.
- A figura 2 ilustra este fato.

Figura 2

Radiação incidente sobre um corpo inanimado constituído de substância pura



Interações com substâncias puras

- São de particular relevância, os processos de absorção de energia, através dos seguintes mecanismos de transferência, ilustrados através de exemplos típicos a seguir apresentados.

– Acoplamento foto-térmico

- Aquecimento do bulbo de vidro de uma lâmpada a partir da radiação emitida por um filamento metálico no vácuo à temperatura de 2000 °C.

Interações com substâncias puras

– Acoplamento foto-químico

- Ativação de filmes fotográficos.
- Reação de fotossíntese na superfície das folhas

– Acoplamento foto-vibracional

- As figuras 3A e 3B ilustram os modos vibracionais simples de uma molécula encadeada longa, e a figura 3C ilustra o modo vibracional de uma pequena molécula.

Figura 3A

Modos vibracionais de uma macro-molécula

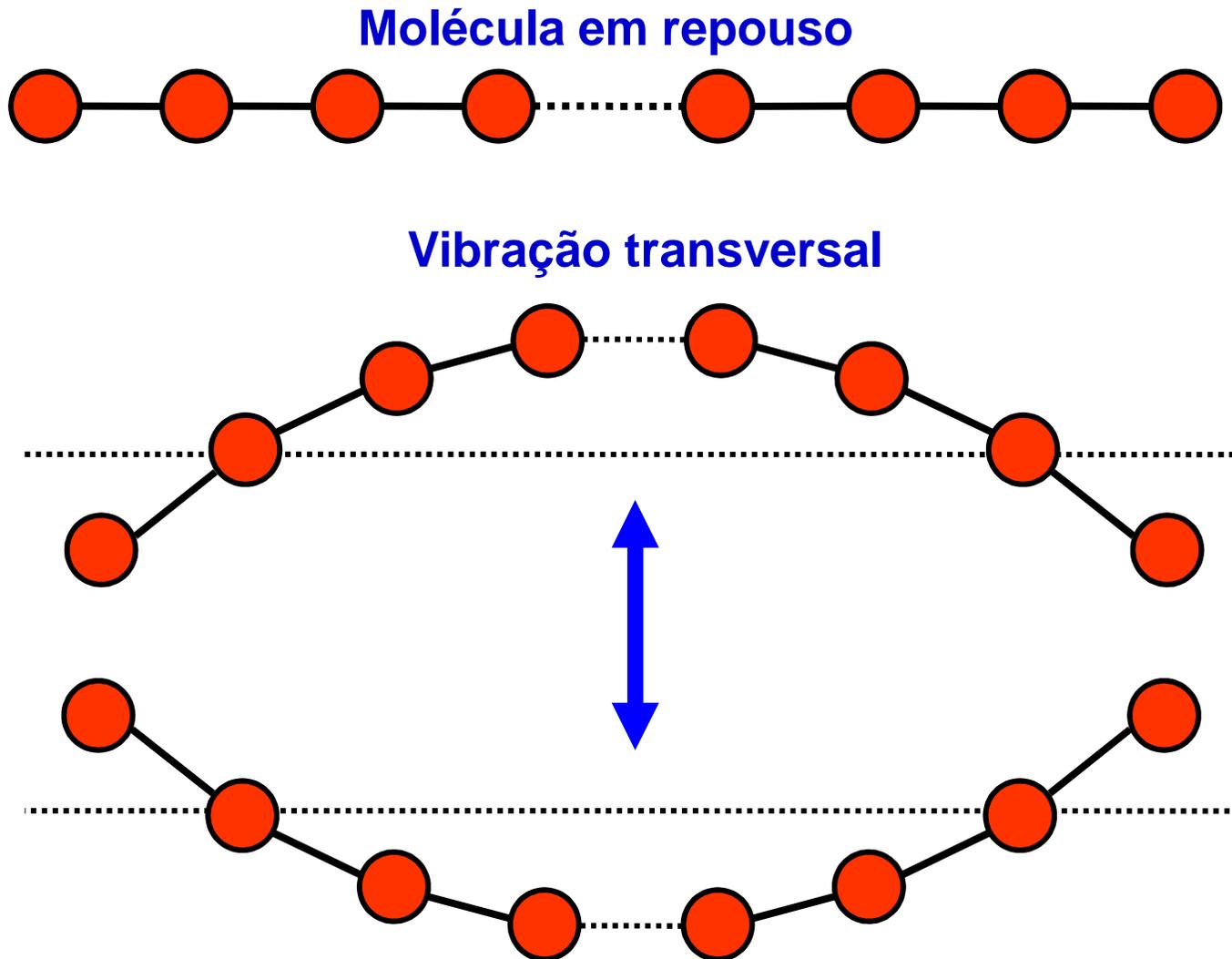


Figura 3B

Modos vibracionais de uma macro-molécula

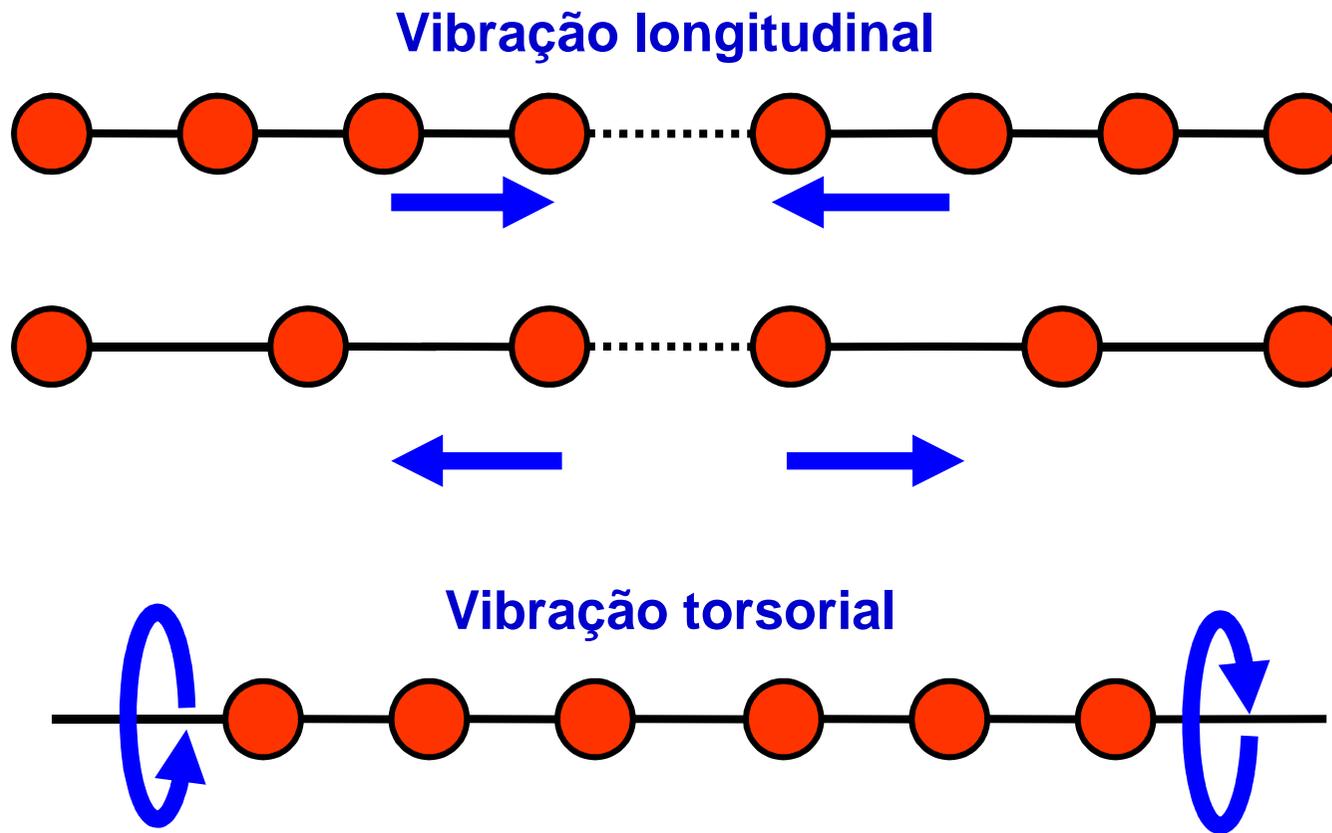
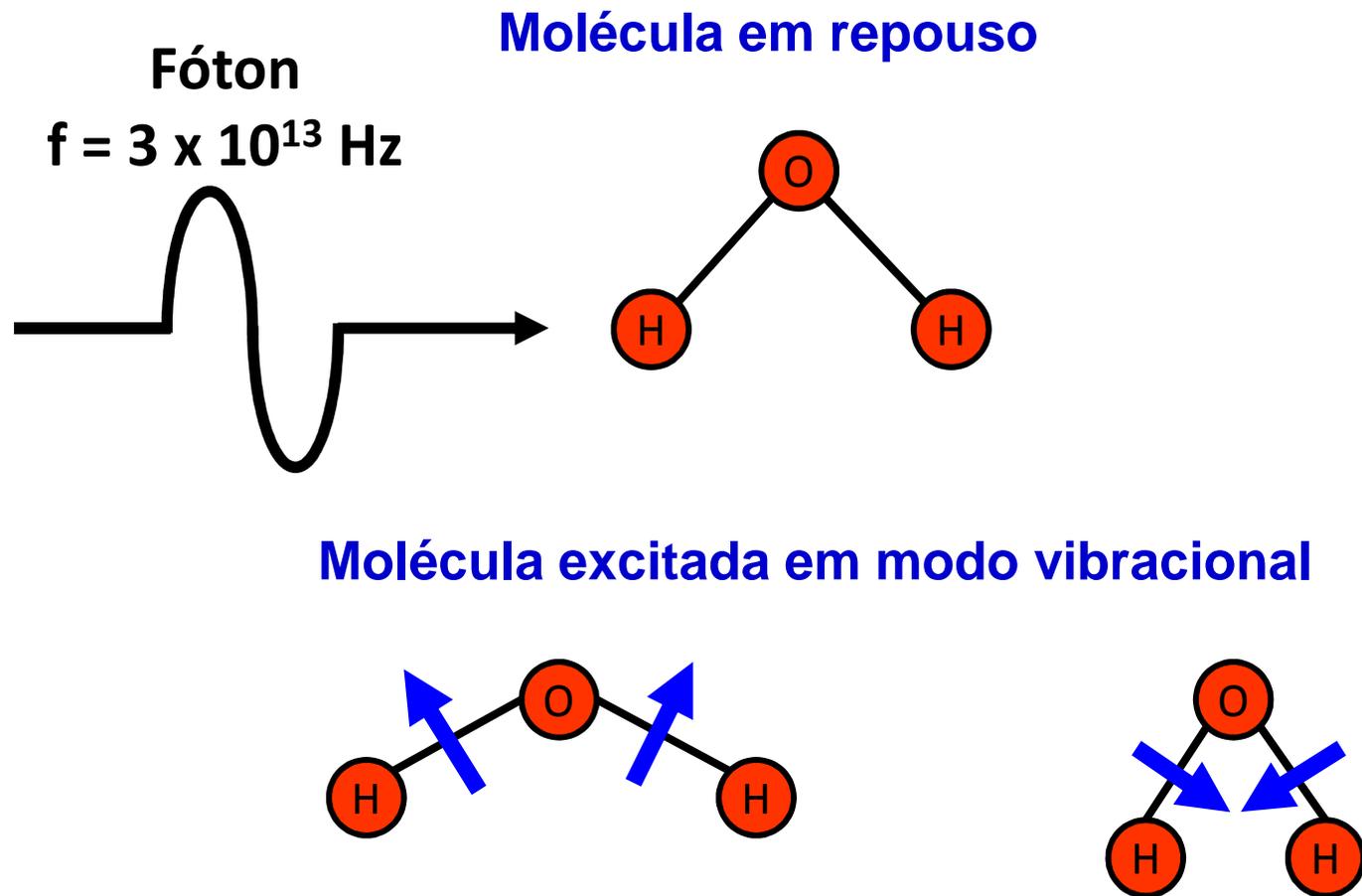


Figura 3C

Modo de vibração típico de pequenas moléculas



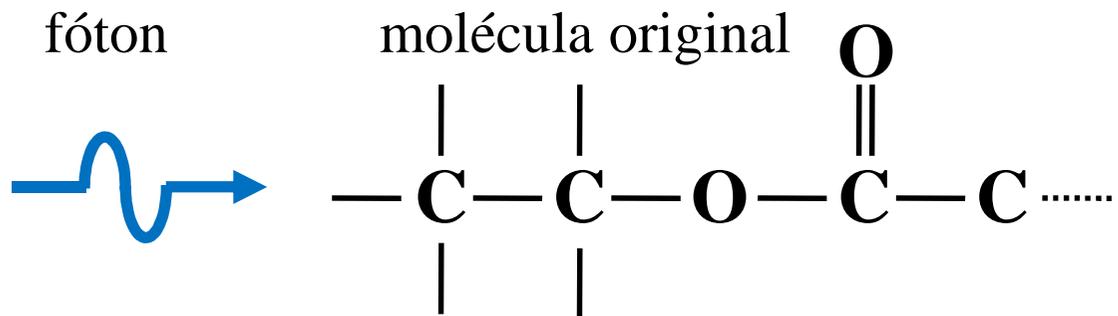
Interações com substâncias puras

– Acoplamento ionizante

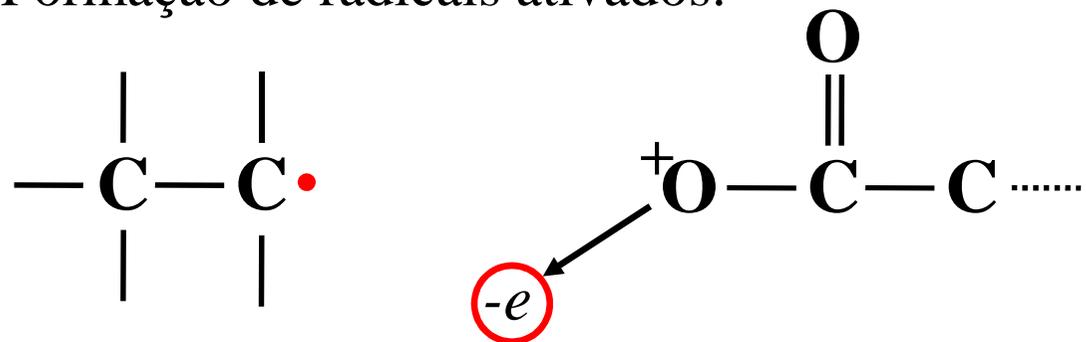
- De todos os acoplamento ionizantes o mais importante é o efeito fotoelétrico, caracterizado pela liberação de um elétron da superfície da substância alvo. A figura 4A ilustra um composto orgânico atingido por um fóton ultra-violeta. O fenômeno também ocorre com facilidade na superfície de alguns metais, conforme ilustrado na figura 4B.
- Além do efeito fotoelétrico, existem os efeitos **Compton** e **Formação de Pares**, que ocorrem em interações de altas energias e que não apresentam relevância para o estudo em tela.

Figura 4A

Efeito fotoelétrico



Formação de radicais ativados:



Possível reação química secundária:

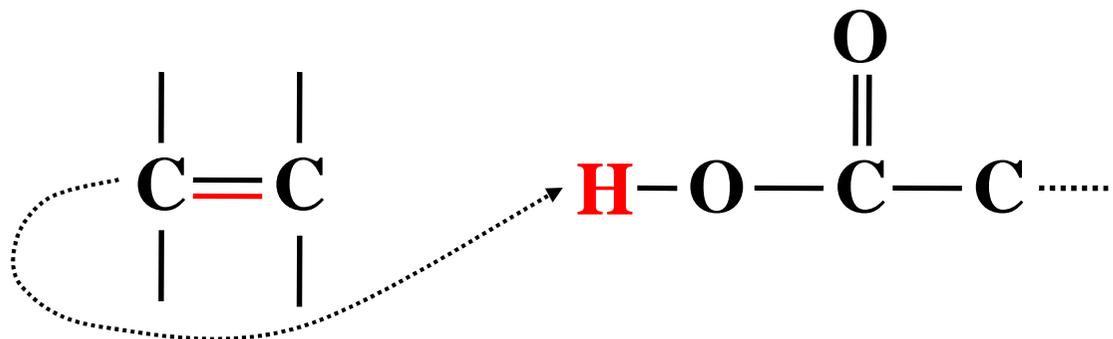
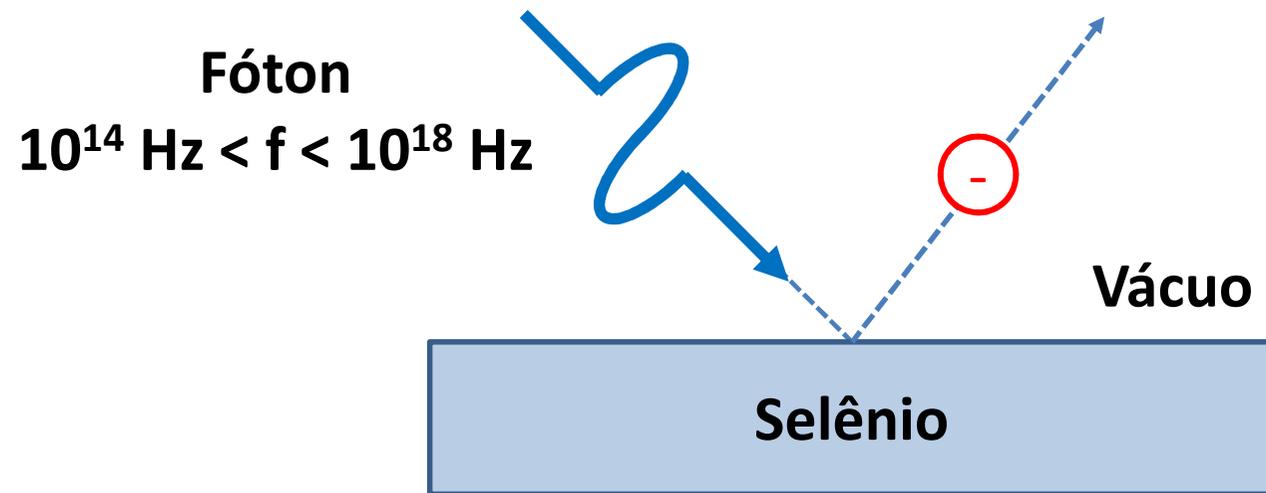


Figura 4B

Efeito fotoelétrico



Interações com substâncias puras

– **Combinação sequencial das anteriores.**

- Os processos vibracionais estão sempre sujeitos a uma forma especial de atrito, que eventualmente exaure a energia elástica, transformando-a totalmente em calor.

Interações com tecidos vivos

- A interação da radiação com tecidos vivos ocorre ao longo de toda a faixa do espectro eletromagnético, dependendo das características do tecido, frequência e da densidade energética da radiação incidente.
- Os efeitos decorrentes dessas transferências de energia são também muito dependentes do metabolismo celular.

Interações com tecidos vivos

- Mesmo com a falta de um modelo global, capaz de bem descrever essas interações, existem no âmbito da física e da química, certos princípios de aplicação geral que fornecem diretrizes seguras para os processos de investigação nesta área.
- Dentre estes, cabe destacar os seguintes de maiores relevância:
 - Interações eletromagnéticas só ocorrem mediante a transferência de energia dos campos irradiados para o tecido.
 - O balanço energético deve ser preservado.

Interações com tecidos vivos

- Sob o ponto de vista macroscópico (agregado), em condições normais, os tecidos são em termos elétricos, aproximadamente neutros.
- Se em determinado intervalo de tempo não ocorrer reprodução celular, valem certas leis de reversibilidade e irreversibilidade da termodinâmica e mecânica estatística.

Interações com tecidos vivos

- Para os objetivos a que se destinam este trabalho, são de particular relevância as radiações na banda de UHF (de 300 MHz a 3000 MHz), justamente onde operam os **telefones celulares, suas estações rádio-base**, e outros dispositivos de uso público, tais como fornos de microondas, redes de computador sem fio, além dos tradicionais rádios analógicos de comunicação por voz e canais altos de TV.

Interações com tecidos vivos

- Os fundamentos de natureza teórica, comprovados experimentalmente, indicam que as interações térmicas e vibracionais são as que manifestam maior perturbação ao ambiente celular normal.
- Em particular, o emprego de telefones celulares com uma potência nominal de 600 mW interage com as regiões do crânio junto ao ouvido, onde está localizado o aparelho, produzindo ligeiro aquecimento nos tecidos próximos, tais como meninge, córtex cerebral, cristalino, retina, nervo óptico, e nervo acústico. A existência de acoplamento vibracional, até o momento, não foi constatada de modo seguro.

Interações com tecidos vivos

- A distribuição de temperatura decorrente do processo de aquecimento, decai rapidamente nos tecidos mais afastados do ponto de excitação (telefone celular).
- Nas regiões de maior vascularização, o aquecimento é pequeno já que o fluxo sanguíneo retira o calor depositado pela radiação.
- Em tecidos com menor vascularização (como a cristalino), a energia incidente acarreta maior elevação de temperatura em relação a outros tecidos equidistantes da mesma fonte estimuladora.

Efeitos patogênicos

- O aquecimento ora descrito, exacerba o metabolismo local e, segundo princípios da mecânica estatística, aumenta a probabilidade de erros na reprodução celular.
- Tais erros são normalmente corrigidos por processos naturais das células. Entretanto, em alguns casos, como em aquecimento extraordinário ou mutação exóticas, existe uma remota possibilidade do surgimento de células anormais que eventualmente possam evoluir para neoplasias.

Efeitos patogênicos

- Este fato, até o momento, não foi estatisticamente comprovado, ainda que certas pesquisas apontem de forma marginal para o mesmo.
- No momento, os órgãos reguladores se encontram em um estado de expectativa e observação, aguardando resultados provenientes de pesquisas ora realizadas em muitos países do mundo.
- No caso de aquecimento anormal do cristalino, ocorre floculação de proteínas e consequente opacidade do mesmo (catarata). Este eventos, em alguns casos bem descritos, já foi confirmado.

Recomendações

- Considerando a incerteza existente quanto aos efeitos adversos produzidos por telefones celulares, o governo deveria estabelecer campanhas de uso responsável dos mesmos, recomendando o seu emprego quando estritamente necessário, e desencorajando o seu uso por crianças.
- Estabelecer, através da ANATEL, normas de segurança para a implantação de estações rádio-base, evitando que as antenas das mesmas irradiem na mesma altura de edificações em suas proximidades.

Recomendações

- Estabelecer normas de restrição do uso de telefones celulares em centros cirúrgicos e unidades de tratamento intensivo, equipadas com equipamentos digitalizados.
- Desenvolver um modelo estatístico, com base nos registros de alguns hospitais importantes (como o I.N.C., Fundação Antônio Prudente, Hospital das Clínicas da FMUSP, entre outros).

Agradecimento

Muito obrigado pela audiência.

Estou disponível para responder a questões pertinentes.