

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta (UV) é uma pequena porção da radiação total recebida do sol. Foi descoberta em 1801 pelo físico alemão Johann Wilhelm Ritter (1776-1810). Tornou-se um tópico de crescente preocupação nos anos 70, quando a diminuição da camada de ozônio foi observada. Ela atua em estruturas atômicas, dissociando moléculas (ela rompe algumas cadeias de carbono, muitas essenciais à vida), assim afetando muito os seres vivos e alguns materiais (plásticos e polímeros), e o ozônio é o seu principal filtro.

1. Definição física

A radiação UV é definida como toda a radiação com comprimento de onda menor que 400nm ($\lambda < 400\text{nm}$, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Sua principal fonte é o sol (a porção UV é menos de 10% do total de sua energia). Algumas soldas e lâmpadas também emitem radiação UV.

O espectro UV é subdividido em near (400 - 300nm), far (300 - 200nm) e vacuum (200 - 1nm). Algumas regiões recebem denominação especial: UVA para 320 - 400nm, UVB para 280 - 320nm e UVC para 200 - 280nm (alguns autores consideram 315nm um ponto de divisão mais apropriado entre UVA e UVB).

Sua maior parte é absorvida ou espalhada pela atmosfera, principalmente pelo ozônio. O ozônio absorve os menores comprimentos da radiação UV, reação responsável pelo aumento da temperatura na estratosfera (15 - 50km), onde está localizada sua máxima concentração, chamada camada de ozônio (25 - 35km). Assim:

UVC	Praticamente todo absorvido pelo ozônio. Pouquíssimo ou nada chegam à biosfera.
UVB	Boa parte é absorvida pelo ozônio. A parte dos maiores comprimentos é espalhada e atenuada, mas mesmo assim chega à biosfera.
UVA	Não é absorvida pelo ozônio. É a parte UV que mais atinge a biosfera.

Ironicamente, a radiação UV é o catalisador da formação do ozônio. Os raios quebram as ligações que mantêm unida a molécula de oxigênio, dividindo-a em dois átomos de O. Quando um átomo livre de O se ligar à molécula O₂, forma-se a molécula de ozônio, O₃.

2. Efeitos biológicos

No contexto biológico, os elementos químicos relevantes que formam os tecidos e órgãos dos seres vivos são o carbono, o oxigênio, o nitrogênio e o hidrogênio.

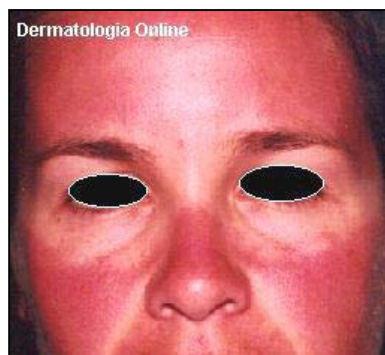
Com relação às interações com estes elementos, as radiações são classificadas como ionizantes ou não ionizantes. As ionizantes são aquelas que cedem às moléculas quantidade de energia suficiente para arrancar elétrons orbitais e conferir-lhes energia cinética (ionização). As não ionizantes não têm energia suficiente para provocar ionização, mas conseguem passar os elétrons para um nível energético superior, deixando-os em estado ativado (excitação). Existem também situações em que a energia é muito baixa e apenas aumenta a velocidade de rotação, translação ou de vibração da molécula.

A radiação UV é não ionizante. Seu efeito, somático (apresenta-se apenas na pessoa que sofreu a irradiação, não interferindo nas gerações posteriores), não é menos perigoso que o de uma radiação ionizante, pois ela além de atuar a nível atômico também atua a nível molecular. A radiação UV interage com a molécula de DNA (ácido desoxirribonucléico), portadora da informação genética na célula. O DNA absorve principalmente os menores comprimentos de UV (C e parte da B), absorção que pode provocar quebra de suas cadeias, implicando em alterações. Na atmosfera (pele, enfoque animal):

UVA Principal responsável pelo fotoenvelhecimento (altera as fibras elásticas e colágenas, provocando rugas, perda da elasticidade e manchas). Tem importante participação nas fotoalergias e também predispõe a pele ao surgimento do câncer.



UVB Causa das queimaduras solares (vasodilatação dos vasos sanguíneos). É a principal responsável pelas alterações celulares que predispõem ao câncer de pele.



A pele humana tem uma importante função relativa à atividade imunológica. A radiação UVB pode interferir com o sistema imunológico humano através da pele. A supressão da capacidade imunológica enfraquece o sistema de defesa contra o câncer de pele e debilita a defesa contra doenças infecciosas.

A sensibilidade ao sol depende do tipo de pele. Segundo a classificação de Fitzpatrick, os fototipos cutâneos são os abaixo.

fototipos	descrição	sensibilidade
I - branca	queima com facilidade, nunca bronzeia	muito sensível
II - branca	queima com facilidade, bronzeia muito pouco	sensível
III - morena clara	queima moderadamente, bronzeia moderadamente	normal
IV - morena moderada	queima pouco, bronzeia com facilidade	normal
V - morena escura	queima raramente, bronzeia bastante	pouco sensível
VI - negra	nunca queima, totalmente pigmentada	insensível

O bronzeamento é a reação mais comum da pele à radiação UV. Quando o sol atinge nosso corpo desprotegido, acontece um estímulo para a produção de melanina (melanogênese), pigmento de função fotoprotetora que o organismo possui. A melanina é liberada na tentativa de remediar as lesões causadas no DNA. Por ser um pigmento escuro, a pele escurece, ou seja, bronzeia.

Os olhos também são afetados pela radiação UV. O acúmulo da exposição, direta, do sol, ou indireta, da reflexão por superfícies, pode levar à catarata em idade mais avançada, que pode levar à cegueira.

A interação com o UVB e UVA tem também conseqüências benéficas e mesmo essenciais à sobrevivência, tal como a síntese da vitamina D, que ajuda na absorção do cálcio e do fosfato pelo aparelho digestivo e, portanto, contribui para o crescimento normal e desenvolvimento do esqueleto. Em áreas do mundo onde há níveis inadequados de vitamina D disponível na alimentação (algumas fontes: óleo de fígado de peixe, manteiga, fígado, gema de ovo, leite, salmão, atum), a radiação UVB é a sua única fonte.

Nas plantas, tanto o aumento da intensidade como o do tempo de exposição à radiação UVB diminuem a atividade fotossintética (e logo a produção). Isso acontece em alguns cultivares comuns, como o rabanete, a soja, o feijão e alguns pinheiros. A UVB também faz com as plantas alterem a composição química de seus tecidos, por exemplo, aumentando seu conteúdo foliar de pigmentos protetores.

Na comunidade marinha, a intensidade de UV diminui com a profundidade. A radiação UVB acarreta danos a juvenis de peixes, larvas de camarão, larvas de caranguejos, invertebrados e à plantas essenciais à teia alimentar marinha. Entre os danos está a redução da fecundidade, do crescimento, da sobrevivência e de

outras funções vitais para estes organismos. A maior exposição à radiação UVB também diminui a produtividade de geração de carbono orgânico.

3. Medida e regime

A quantidade de radiação UV que atinge a superfície pode ser medida por instrumentos terrestres, como os piranômetros, ou estimada por instrumentos de satélite (o Nimbus 7, lançado pela NASA em 1978, estava equipado com o Total Ozone Mapping Spectrometer, TOMS, aparelho que coletou os dados que levaram à descoberta do buraco na camada de ozônio sobre a Antártica). Os instrumentos terrestres são melhores na medida para um dado local. Necessitam de calibração e de padronização das observações. Os instrumentos de satélite dão uma cobertura global. As observações precisam ser corrigidas por causas das nuvens.

Os piranômetros usados são os para ondas curtas.



Total Ultraviolet Radiometer, Eppley

295 - 385nm

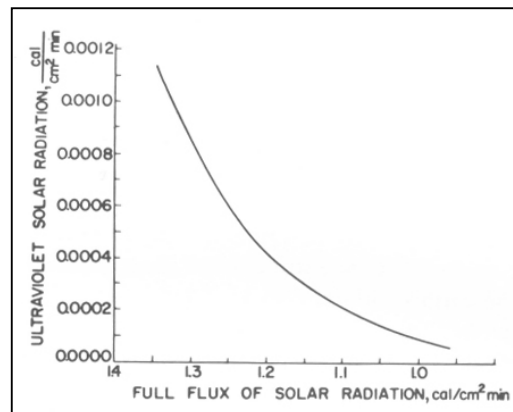
-40 - 40°C

tempo de resposta de milisegundos



Piranômetro instalado na Estação Brasileira da Antártica, estação Comandante Ferraz.

A figura abaixo mostra a relação entre a radiação UV e os fluxos solares.



A quantidade de radiação UV que atinge a biosfera é proporcional à altura solar, assim há variação diária. Os valores máximos são observados em torno das 12h. A quantidade é afetada por alguns fatores.

Ozônio	A quantidade de ozônio estratosférico varia com as estações do ano, sendo menor no outono e maior no verão, e com a latitude, sendo menor no equador. O local também influencia, por causa dos buracos na sua camada, principalmente na Antártica.
Latitude	Os raios são mais diretos no equador.
Altitude	A intensidade de UV aumenta com a altitude, pois há rarefação do ar, logo ela é menos atenuada.
Tempo	A cobertura das nuvens reduz a incidência dos raios.
Reflexão	Superfícies como a neve, a areia, a grama e a água refletem a radiação, então a intensidade pode ser grande mesmo em áreas sombreadas.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mantém uma importante rede de monitores de UVB no território nacional, e tem oferecido estas informações à comunidade médica. Um dos objetivos do trabalho é divulgar o índice de UVB, um número numa escala de 0 a 16 que mede o risco do efeito biológico de eritema (vermelhidão) sobre a pele humana exposta à radiação solar: quanto maior o índice UVB, maior é o risco. No site do Laboratório de Ozônio (ozonio.crn.inpe.br), é possível acessar a previsão do modelo para o valor do Índice UVB em qualquer dia do ano nas cidades brasileiras com mais de 100.000 habitantes. Para o dia 6 de junho de 2003, o modelo prevê para Pelotas um índice de 3,3. Para Rio Grande a previsão é de 3,2 e para Porto Alegre é de 3,7.

A tabela abaixo mostra o tempo médio, em minutos, de exposição segura ao sol. Foram obtidos de experimentos.

índice	I e II	III	IV	V e VI
0 - 2	30	60	90	120
3	20	47	70	90
4	15	32	50	75
5	12	25	40	60
6	10	22	35	50
7	8,5	19	30	40
8	7,5	17	26	35
9	7	15	24	33
10	6	14	22	30
11	5,5	13	20	27
12	5	12	19	25
13	4,5	11	18	23
14	4	10	17	21
15	3,5	9	15	20

4. Mudanças recentes

A diminuição do ozônio nas últimas três décadas foi bem documentada e suas causas são agora entendidas. Enquanto sabe-se de dados diários que a diminuição do ozônio causa um aumento da radiação UV, longas séries de dados da são mais difíceis de ser interpretadas. Pesquisadores, em 1988, mostraram que os dados de UV de 1974 a 1985 indicam uma diminuição quando um aumento era esperado. Em 1997 os dados foram examinados novamente e julgados não conclusivos.

Uma questão segue sobre os níveis UV do século passado, pois não havia monitoramento consistente antes de 1900. No entanto, o conhecimento atual dos efeitos UV permite algumas idéias ao examinar dados biológicos. Estima-se que eram parecidos com os do princípio dos anos 70, quando a destruição antropogênica do ozônio começou.

Níveis de UV futuros deverão ser regidos pelas variações antropogênicas e naturais. A atividade humana com respeito às substâncias destrutivas do ozônio e com respeito às mudanças climáticas irão determinar as mudanças em longo prazo. Se o quadro se mantiver, os cientistas acreditam que a camada de ozônio estará restabelecida até 2050.

Anexo: câncer de pele

O câncer da pele é o crescimento anormal e descontrolado das células que compõem a pele. Estas células se dispõem formando camadas e, dependendo da camada afetada, tem-se os diferentes tipos de câncer. Os mais comuns são os carcinomas basocelulares e os espinocelulares. O mais perigoso é o melanoma.



Carcinoma basocelular: é o mais freqüente e com o menor potencial de malignidade. Seu crescimento é lento e muito raramente se dissemina à distância. Feridas que não cicatrizam ou lesões que sangram com facilidade devido a pequenos traumatismos, como o roçar da toalha, podem ser um carcinoma basocelular.



Carcinoma espinocelular: tem crescimento mais rápido e as lesões maiores podem enviar metástases à distância. Também conhecido como carcinoma epidermóide, é bem menos freqüente que o basocelular. Acomete mais áreas de mucosa aparente, como a boca ou o lábio, cicatrizes de queimaduras antigas ou áreas que sofreram irradiação (raios X). Pode ocorrer também a partir de lesões pré-cancerosas

decorrentes da exposição prolongada e repetida da pele ao sol.



Melanoma Maligno: tumor maligno muito grave que se origina das células que produzem o pigmento da pele (melanócitos). Frequentemente envia metástases para outros órgãos, sendo de extrema importância o diagnóstico precoce para a sua cura. Pode surgir a partir da pele sadia ou a partir de "sinais" escuros (os nevos pigmentados) que se transformam no melanoma. O melanoma pode surgir em áreas da pele não exposta ao sol, porém é mais freqüente nas áreas expostas. Pessoas que possuem sinais escuros na pele devem se proteger dos raios ultravioleta do sol,

que podem estimular a sua transformação.

ABCD do melanoma:

Assimetria (formato irregular)

Bordas irregulares (limites externos irregulares)

Coloração variada (diferentes tonalidades de cor)

Diâmetro maior que 6 milímetros

Referências

DeMillo, R. Como funciona o clima, 1998.

Kondratyev, K. Y. Radiation in the atmosphere, 1969.

Weatherhead, E. C. Ultraviolet Radiation
http://www.srrb.noaa.gov/UV/ENCYCLOPEDIA_1.pdf

Atmosfera terrestre, camada de ozônio e raios ultravioleta
<http://www.hcanc.org.br/outrasinfs/ensaios/ozon1.html>

Buraco na camada de ozônio pode fechar até 2050
<http://www.adital.org.br/asp2/noticia.asp?idioma=PT¬icia=5706>

Contra o câncer da pele, Sociedade Brasileira de Dermatologia
<http://www.sbd.org.br/campanha/>

Dermatologia.net - Radiação Ultravioleta
<http://www.dermatologia.net/radiacaouv.htm>

Efeitos biológicos da radiação solar
<http://hps.infolink.com.br/uvsolar/>

EPA SunWise - UV Radiation
<http://www.epa.gov/sunwise/uvradiation.html>

Espectro electromagnético - Ultravioleta
http://nautilus.fis.uc.pt/wwwfi/hipertextos/espectro/hiper_espectro_uv.html

Protect your eyes from harmful UV rays
<http://www.preventblindness.org/news/releases/UV2003.html>

Radiação UV e seus efeitos ambientais
<http://www.monamb.furg.br/portugues/effects.html>

Sol a pino: o processo de bronzeamento
http://www.jnjbrasil.com.br/noticia_full.asp?noticia=824

The Eppley Laboratory - Total Ultraviolet Radiometer
<http://www.eppleylab.com/PrdUvRadmtr.htm>

Vitaminas
<http://www.prolev.com.br/vitaminas.html>